

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Strategie údržby zařízení distribuční sítě**  
**Strategy of Distribution Network Equipment Maintenance**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Olšák**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: **Strategie údržby zařízení distribuční sítě**  
**Strategy of Distribution Network Equipment Maintenance**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor RCM podle stavu.
2. Teoretický rozbor RCM periodické.
3. Současný stav v naší energetice.
4. Analýza posuzování technického stavu zařízení.
5. Analýza stanovení důležitosti zařízení.
6. Aplikace poznatků na konkrétní prvek v distribuční síti.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Tůma, J., Rusek, S., Martínek, Z., Chmišinec, I., Goňo, R.: Spolehlivost v elektroenergetice., Praha: ČVUT Praha, 2006, 4, 187 - 254, ISBN 80-239-6483-6
2. Internetové zdroje
3. Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

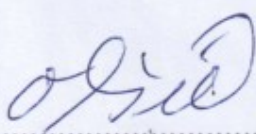
  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežně prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 4. května 2012

  
.....  
podpis

Děkuji vedoucímu diplomového projektu Doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za rady a připomínky, které mi poskytl při práci na diplomovém úkolu.

# Abstrakt

Tato práce se zabývá zavedením nové metodiky plánování údržby distribuční sítě v praxi. Dosud používaná metodika plánování údržby, která se řídí podle řádu preventivní (ŘPÚ) respektuje pouze technický stav zařízení a opomíná důležitost zařízení umístěného v elektrizační soustavě. Při aplikaci spolehlivostně orientované údržby (RCM) je respektován technický stav zařízení a zároveň důležitost zařízení.

Hlavním cílem této diplomové práce je aplikovat metodu spolehlivostně orientované údržby na distribuční vedení 110 kV. Cíl je minimalizovat náklady vztažené k údržbovým úkonům, které jsou vyžadovány pro bezpečný chod vedení a jeho požadovanou míru spolehlivosti. Tato diplomová práce obsahuje souhrn možností obnovy vedení včetně konkrétních pracovních postupů. Dále obsahuje statistické porovnání závad a poruch na vedení, které se na nich vyskytly vč. příčin, které je vyvolaly.

Závěrem je uvedeno stanovení priority údržby na konkrétních úsecích vedení, určení je provedeno dvěma způsoby, stanovení priority údržby a posouzeno, která z těchto variant je pro praktické využití výhodnější.

## Klíčová slova

Údržba, síť, porucha, závady, technický stav, důležitost, priorita,

# Abstract

This thesis deals with putting a new methodology for planning a distribution network maintenance into practice. The methodology that was used so far and that follows the preventive maintenance instructions (ŘPÚ) respects only the technical state of the device and overlooks the importance of the device located in the electrification system. When applying the reliability based maintenance (RCM), both, the technical state of the devices and the importance of the devices are respected.

The main objective of this thesis is to apply the method of the reliability-oriented maintenance at the distributional network 110 kV. The aim is to minimize the costs of the maintenance that is required for safe operation of the line and its required level of reliability. This thesis contains a summary of options for renovation of the line including specific working procedures. It also contains a statistical comparison of defects and faults that occurred to the lines, including causes that lead to these defects and line faults.

In conclusion, this thesis determines maintenance priorities on specific line sections. This is made in two different ways of determination of the maintenance priorities. In the end there is a consideration which of these two options is more useful for practical use.

## Key words

Maintenance, Network, Failure, defekt, technical condition, importance, priority

## Seznam zkratek:

RCM	Spolehlivostně orientovaná údržba (Reliability Centred Maintenance)
PTE	Prvek technické evidence
DTS	Distribuční transformátorová stanice
REAS	Regionální energetické akciové společnosti
SUIP	Státní úřad inspekce práce

## Seznam použitých symbolů:

Značka	Název veličiny	Jenotka
$K_{TS}$	koeficient technického stavu	(-)
$N_c$	celkové náklady	(Kč. Rok <sup>-1</sup> )
$N_U$	náklady na údržbu	(Kč. Rok <sup>-1</sup> )
$N_o$	náklady na opravu	(Kč. Rok <sup>-1</sup> )
$N_v$	náklady na výpadek	(Kč. Rok <sup>-1</sup> )
$N_{UI}$	náklady na jeden údržbový proces	(Kč)
$\lambda_U$	intenzita údržby zařízení	(rok <sup>-1</sup> )
$N_{OI}$	Náklady na jednu opravu	(Kč)
$\lambda_{PK}$	Korigovaná intenzita poruch zařízení	(rok <sup>-1</sup> )
$\lambda_p$	intenzita poruch daného prvku	(rok <sup>-1</sup> )
$T_v$	střední doba trvání výpadku	(h)
$N_p$	měrné náklady na výpadek	(Kč . MWh <sup>-1</sup> )
$P_N$	střední hodnota odebíraného výkonu	(MW)



## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Spolehlivostně orientovaná údržba v elektroenergetice .....	2
2.1	Teoretický rozbor RCM podle stavu .....	2
2.1.1	Údržba podmíněna stavem .....	2
2.1.2	Údržba podmíněna stavem s aplikací RCM .....	2
2.2	Teoretický rozbor RCM periodické .....	5
2.2.1	Plánování preventivní údržby .....	5
2.2.2	Stanovení optimální periody údržby .....	6
3	Současný stav v naší energetice .....	9
3.1	Pracovní postupy .....	10
3.1.1	Lhůty - realizace pracovních postupů .....	10
3.1.2	Pracovní činnosti .....	11
3.1.3	Záznamy o provedených kontrolách .....	11
3.1.4	Záznam o provedené kontrole a údržbě dle ŘPÚ .....	11
3.1.5	Zpráva o pravidelné revizi elektrického zařízení .....	12
4	Analýza posuzování technického stavu zařízení .....	13
4.1	Posuzování technického stavu pro transformátor 110 kV/vn .....	13
4.2	Posuzování technického stavu pro Vypínače VMM .....	16
5	Analýza stanovení důležitosti zařízení .....	20
5.1	Kritéria důležitosti transformátoru 110 kV/vn .....	20
5.2	Kritéria důležitosti pro vypínače VMM .....	21
6	Vytvoření metodiky údržby pro prvek vedení 110 kV .....	22
6.1	Návrh metodiky obnovy vedení 110 kV dle technického stavu a umístění v elektrizační soustavě .....	22
6.2	Možnosti obnovy vedení 110 kV .....	22
6.3	Údržba vedení .....	23
6.4	Porovnávání poruch na vedení .....	24
6.5	Porovnávání závad na vedení .....	27
6.6	Vliv údržby na stav vedení .....	32
6.6.1	Váha vztažená k technickému stavu vedení .....	32
6.6.2	Analýza poruchovosti vedení .....	32
6.6.3	Analýza zatížení vedení .....	33
6.6.4	Analýza zálohovatelností vedení .....	33

6.6.5	Typy údržbových prací ovlivňující okamžitý technický stav vedení .....	36
7	Aplikování metodiky na konkrétní vedení 110 kV.....	37
7.1	Určení technického stavu.....	37
7.2	Určení důležitosti .....	38
7.3	Vyhodnocení priority údržby.....	40
7.3.1	Vyhodnocení priority po provedení údržby s $K_{TS} = 0,5$ .....	42
7.3.2	Vyhodnocení priority po provedení údržby s $K_{TS} = 0,3$ .....	43
8	Závěr.....	45
	Použitá literatura.....	46
	Přílohy .....	47

## **1 Úvod**

Hlavním úkolem distribuční sítě je přenášet elektrickou energii k zákazníkům o určité kvalitě, která nezahrnuje jen dodržení předepsané úrovně napětí a frekvence, ale i spolehlivost dodávky. Tyto požadavky musí zajišťovat společnost, která distribuční soustavu provozuje. V dnešní době je přerušení dodávky elektrické energie z důvodu špatného technického stavu neakceptovatelné a je vysoce pokutováno. Výjimka je přerušení dodávky v trvání několika hodin zapříčiněno např. přírodními vlivy. V dnešní době liberalizovaného trhu s elektrickou energií probíhá konkurenční boj mezi energetickými společnostmi, tento boj zapříčiňuje snižování finančních nákladů na všechny provozní odvětví i na údržbu.

Z těchto důvodů se začala vyvíjet metoda spolehlivostně orientované údržby (RCM), tato metoda snižuje celkové provozní náklady při zachování nutné míry spolehlivosti.

## 2 Spolehlivostně orientovaná údržba v elektroenergetice

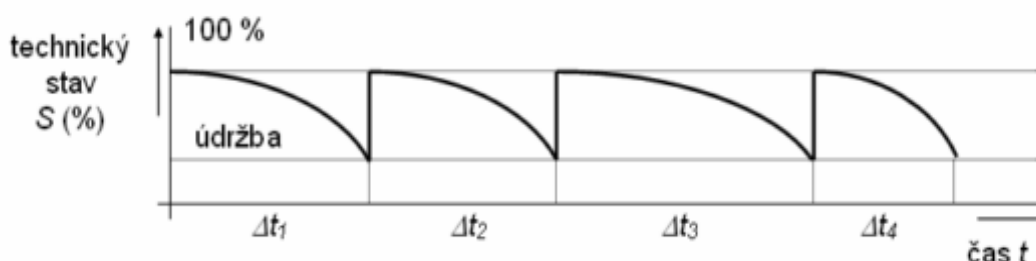
Při aplikaci spolehlivostně orientované údržby (RCM) se můžou zvolit dva různé přístupy: Stanovení priority údržby, tento přístup nám určuje konkrétní údržbovou činnost nebo pořadí do doby údržby, která má být na daném prvku provedena. Tento přístup se používá pro prvky, jejichž počet v síti není příliš vysoký, ale jejich důležitost je vyšší. Jedná se o prvky, které se vyskytují v nejvyšší napěťové hladině 110 kV pokud, mluvíme o distribuční soustavě. Druhým přístupem je optimalizace délky údržbového cyklu, zde je hlavní nalézt minimum nákladové funkce. Veškeré náklady na údržbu, odstranění poruchy nebo výpadek se vyjádří jako funkce intenzity údržby. Tento přístup se volí pro prvky, kterých je v síti vysoký počet, ale mají nízkou důležitost např. trafostanice vn/nn.

### 2.1 Teoretický rozbor RCM podle stavu

#### 2.1.1 Údržba podmíněna stavem

Různými diagnostickými metodami a monitorovacími zařízeními se dá zjistit aktuální technický stav zařízení. Z výsledků se určí, jak dlouho bude zařízení pravděpodobně schopno plnit svou funkci do doby poruchy. Tento typ údržby je velice nákladný vzhledem k náročnosti na vybavení diagnostiky, proto nachází uplatnění především na provozně nejdůležitějším zařízeních, například transformátory vvn.

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1 = S_2 = \dots = \text{konst.}$$



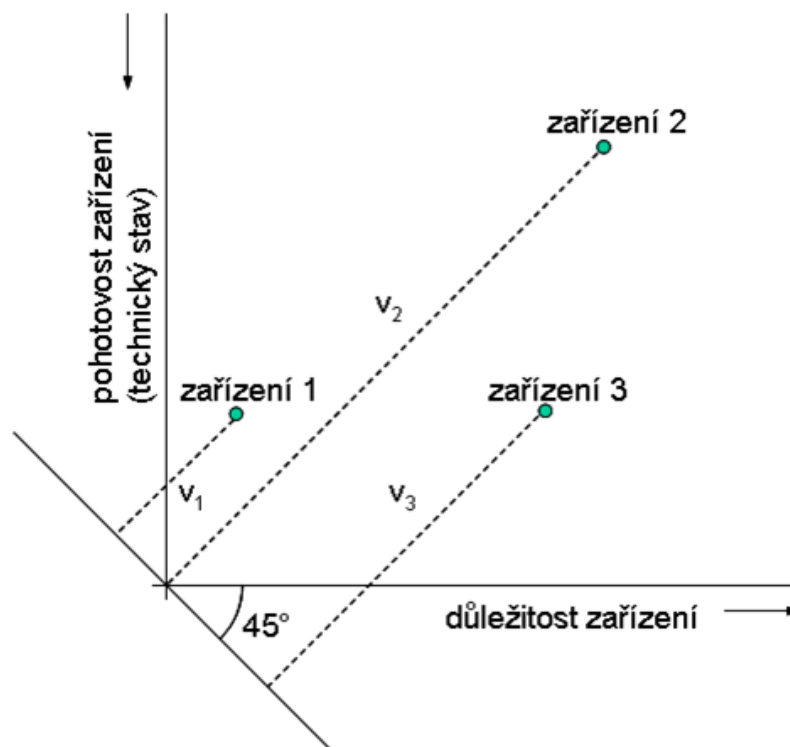
obr. 1 Údržba podmíněná stavem [1]

#### 2.1.2 Údržba podmíněná stavem s aplikací RCM

Při řešení údržby podmíněné stavem je hlavním aspektem technický stav daného zařízení  $S$  (%) a čas  $\Delta t$ , za který, technický stav klesá do doby, než dojde k údržbě. Při aplikaci RCM se musí uvažovat s důležitostí v elektrizační soustavě

Hlavní aspekty pro zvolení optimální údržby je důležitost prvku v elektrizační soustavě a jeho stav. Optimální pořadí údržby daných prvků nám usnadní umístit konkrétní prvky do dvourozměrného grafu. Při umísťování jednotlivých prvků (např. transformátor vvn nebo výkonový vypínač) do dvourozměrného grafu je nutno použít příslušné koeficienty, které specifikují důležitost prvku a jejich stav. Názorný příklad grafu je na obr.2, podle úsečky „v” se stanoví pořadí údržby (zásahu).

Když je určena důležitost a technický stav, je třeba určit přesnou identifikaci každého prvku.



obr. 2 RCM podmíněna stavem [1]

Data pro každý prvek technické evidence (PTE) se tedy dělí na tři skupiny:

- údaje určující důležitost PTE.
- údaje určující stav PTE
- identifikace konkrétního PTE

Pokud použijeme tuto aplikaci RCM, musíme vytvořit pro každý typ prvků jinou strukturu vstupních údajů. Tato zásada převážně platí pro hodnocení technického stavu prvku. Např. u vypínačů 110 kV je nutno mít pro každý typ vypínače jinou strukturu vstupních dat. Identifikační údaje a důležitost jsou pro všechny vypínače 110 kV stejné.

### Stanovení priority údržby

Tato hodnota se určuje pro každý prvek zvlášť, čím vyšší tato hodnota bude tím dříve, se prvek zařadí do údržby. Prioritu údržby určité provozní důležitost zařízení a aktuální technický stav. Hodnotu priority údržby nám určuje vztah (1). Tento vztah obsahuje koeficient  $K_{TS}$ , který upřednostňuje technický stav zařízení oproti provozní důležitosti zařízení. Pokud bude hodnota  $K_{TS}$  rovná 0,5 bude mít technický stav zařízení stejnou váhu jako provozní důležitost. Pokud

bude koeficient  $K_{TS}$  stanoven na hodnotu 0,7 bude se na konečné prioritě údržby provozní důležitost podílet 70ti % a technický stav zařízení 30ti %.

$$Priorita\ údržby = [100 - Technický\ stav(\%)] \cdot (1 - K_{TS}) + Důležitost(\%) \cdot K_{TS} \quad (1)$$

Při řešení technického stavu popřípadě provozní důležitosti se používá výpočetní metoda „součin součinu“ výsledná hodnota je dána součinem výsledných hodnot všech kritérií, které jsou určeny pro stanovení provozní důležitosti resp. technického stavu.

## Určení provozní důležitosti

Při vyhodnocování priority údržby určuje jeho celkovou hodnotu provozní důležitost přibližně z jedné třetiny oproti technickému stavu zařízení.

Je vhodné pro určování provozní důležitosti zvolit čtyři nebo pět kritérií. V závislosti na prvcích na, kterých je RCM aplikována se tyto kritéria mohou lišit. Provozní důležitost je dána hlavně umístěním prvku v elektrizační soustavě, díky tomu budou některé kritéria společné pro všechny prvky, na které se používá přístup stanovení priority údržby.

**Možnost zálohování** - toto kritérium použijeme na všechny prvky soustavy, ať už se jedná o aplikaci RCM na transformátor, vedení nebo vypínač tak nás vždy zajímá možnost zálohování prvku při výpadku. Při stanovení tohoto kritéria bude jeho hodnocení rozdílné pro různé prvky např. u vypínačů stačí vědět, že mají možnost zálohy či nemají. Jiná situace je u transformátorů, kde nestačí informace jestli je možnost zálohování či ne, zde je důležité vědět za jakou dobu bude záloha aktivována při výpadku a na kolik procent jmenovitého výkonu je transformátorů zálohován.

**Důležitost připojených odběrů** – zde je vyjádřena důležitost a počet odběrů, které jsou umístěny za daným prvkem v rámci proudové dráhy. Toto kritérium bude také použito u všech prvků na, kterých bude aplikována RCM přístupem stanovení priority údržby, z důvodu kdy při výpadku daného prvku vznikají dopady na odběratele. Při stanovení rozsahu hodnocení tohoto kritéria je dobré tento rozsah rozdělit na minimálně tři nebo čtyři stupně od nejmenšího po největší důležitost v závislosti na získaných vstupních datech. Nejdůležitějším kritériem provozní důležitosti je možnost zálohování a důležitost připojených odběrů.

**Přenesená energie za rok** - toto kritérium se opět může používat pro všechny prvky distribuční soustavy, ale není tak důležité jako předešlé kritéria.

## Hodnocení technického stavu

Na rozdíl od provozní důležitosti nebude pro různé typy prvku mít technický stav tolik společných kritérií, kde se bude lišit u různých typů prvků jedno, maximálně dvě kritéria. Tato

skutečnost je dána tím, že při volbě kritéria technického stavu oproti provozní důležitosti je ovlivněna samotnou konstrukcí a provozním účelem jednotlivého typu prvků. Pro RCM přístupem stanovení priority údržby existují kritéria, která mají pro všechny typy prvku společné kritéria.

**Hodnocení technické diagnostiky** – technický stav je určen podle technické diagnostiky a prohlídkou, která je provedena na daném prvku. Z tohoto důvodu toto kritérium je použitelné pro všechny prvky distribuční soustavy a bude mít vždy největší váhu. Výpočtem zvolených hodnot pro hodnocení diagnostiky (např. úbytek napětí na hlavních kontaktech zapínací čas, nesusoučasnost při zapnutí) se získá výsledná hodnota technické diagnostiky.

**Doba od posledního zásahu** – tímto kritériem se vyjadřuje doba, která uplynula od poslední údržbové činnosti nebo od poslední opravy. Při překročení limitu tohoto kritéria je kritérium rovno 100 – váha kritéria. Proto se bere jako tzv. limitní kritérium. Limity se volí pro různé typy prvků v rozmezí 4 ÷ 8 let.

**Stáří prvku** – Čím je prvek starší, tím by měla být na něm dříve provedená údržba, toto platí, pro všechny prvky distribuční sítě.

U tohoto kritéria doporučuji stanovit dvě limitní úrovně. Při dosažení první úrovně (životnost dána resp. doporučena výrobcem) je výsledné hodnocení kritéria rovno  $(100 - \text{váha kritéria})\%$ . Když prvek dosáhne druhé limitní úrovně (maximální životnost) bude výsledné hodnocení kritéria rovno 0 %, tato hodnota určuje nulový technický stav a poukazuje na nutnost okamžitého odstranění prvku.

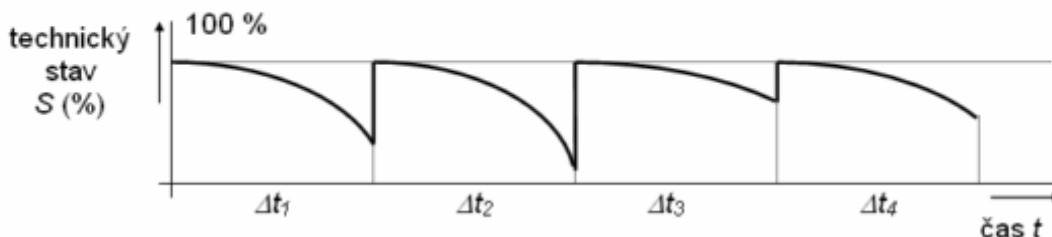
Při volbě kritérií technického stavu by se měl jejich počet pohybovat v rozmezí od 7 do 12 kritérií. Při nižším počtu kritérií nebudou dostatečně vystihnuty všechny důležité parametry, které ovlivňují technický stav prvku. Při vyšším počtu zvolených kritérií jsou naopak některé méně důležitá kritéria tzv. přehlušeny ostatními kritérii a jejich vliv na technický stav je podstatě žádný.

## 2.2 Teoretický rozbor RCM periodické

### 2.2.1 Plánování preventivní údržby

Při plánování preventivní údržby vycházíme z informací, které nám poskytl výrobce, dále ze zkušeností z provozu, případně určíme termíny pravidelných prohlídek, oprav, údržby a generálních oprav zařízení pomocí optimalizačního výpočtu bez ohledu na jeho skutečný stav.

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \text{konst.}, S_1, S_2, \dots \neq \text{konst.}$$



obr. 3 Preventivní údržba [1]

### 2.2.2 Stanovení optimální periody údržby

#### a) Nákladová funkce

Tato funkce je důležitá pro stanovení optimálního intervalu údržby. Je třeba sestavit rovnici celkových provozních nákladů jako funkci intenzity údržby a nalézt její lokální minimum pro každé zařízení. Nákladovou rovnici sestavíme ze tří základních částí, tato zjednodušená rovnice vyjadřuje provozní náklady za jeden rok, kdy je zařízení v provozu. Dodatečné náklady zanedbáváme a používáme tyto:

- náklady na údržbu  $N_U$ ,
- náklady na opravu  $N_O$ ,
- náklady na výpadek  $N_V$ ,

Nákladová rovnice bude mít tvar :

$$N_c = N_U + N_O + N_V \quad (\text{Kč. Rok}^{-1}) \quad (2)$$

Hlavním zjednodušujícím předpokladem vyčíslení nákladových položek je to, že se jednotlivé nákladové položky nebudou s časem měnit, nebo že jejich procentní nárůst bude přibližně stejný.[1]

Náklady na údržbu a na opravu závisí na intenzitě údržby a oprav, tedy na druhu a stavu určitého prvku. Náklady na výpadek závisí na stavu a druhu prvku, ale také na důležitosti prvku, který je umístěn do elektroenergetické soustavy.

#### b) Náklady na údržbu

Do nákladu na údržbu spadají všechny náklady týkající se činností, které souvisejí s údržbou na daném zařízení. Výše těchto nákladů se bude měnit podle zvoleného typu údržby, dále na tom, zda společnost, která zařízení provozuje, bude údržbu provádět vlastními silami a nebo si objedná externí firmu.



Náklady na údržbu můžeme vyhodnotit pomocí vztahu, který nám určuje údržbové náklady vynaložené za roční provoz zařízení.

$$N_U = N_{UI} \cdot \lambda_U \text{ (Kč. rok}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

$N_{UI}$  - Náklady na jeden údržbový proces (Kč)

$\lambda_U$  - Intenzita údržby zařízení ( $\text{rok}^{-1}$ )

Zvláštním typem provozování zařízení je tzv. provoz do poruchy. V tomto případě náklady na údržbu zařízení neexistují, zařízení je provozováno až do vzniku poruchy, nebo jeho zničení bez toho, aby na něm byla provedena jediná údržba. Obnovení funkčního stavu zařízení je pak odstranění poruchy opravou, a nebo výměna zničeného zařízení za nové.

#### c) Náklady na opravu

Zde jsou zahrnuty náklady na opravu zařízení a veškeré náklady na související činnosti, které jsou potřebné k uvedení poškozeného zařízení zpátky do provozu. Mohou vzniknout dvě varianty těchto nákladů:

- 1) Pokud společnost, která vlastní dané porouchané zařízení použije vlastní prostředky k jeho opravě, musí se do nákladu zahrnout mzdy zaměstnanců, kteří vykonávají opravárenské činnosti, náklady na pořizování náhradních dílů a jejich uskladňování, náklady na pořízení potřebného vybavení k opravě atd.
- 2) Může se stát, že si společnost pro činnost opravy vybere cizí firmu a nechá všechny záležitosti na ní. Náklady na opravu budou tedy záviset na částce, kterou si firma vyžádá za provedenou práci.

Vztah pro náklady na údržbu

$$N_O = N_{OI} \cdot \lambda_{PK} \text{ (Kč. rok}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

kde

$N_{OI}$ ... Náklady na jednu opravu (Kč)

$\lambda_{PK}$ ... Korigovaná intenzita poruch zařízení ( $\text{rok}^{-1}$ )

Hodnota intenzity poruchy  $\lambda_{PK}$  závisí na intenzitě údržby. Pokud je zařízení často v údržbě, tak roste jeho spolehlivost, ale naproti tomu klesá jeho pohotovost (schopnost zařízení být v danou dobu připraveno k plnění své požadované funkce). Zařízení, které je v údržbě je

v tzv. údržbovém prostoji, po tuto dobu zařízení není v provozu a není schopno plnit svou funkci.

Za předpokladu exponenciálního rozdělení distribuční funkce poruch a za předpokladu, že po provedené údržbě se spolehlivostní parametry prvku dostanou na hodnotu nového prvku, platí pro korigovanou hodnotu intenzity poruch vztah: [1]

$$\lambda_{PK} = \lambda_P \cdot \left(1 - e^{-\frac{\lambda_P}{\lambda_U}}\right) \quad (\text{rok}^{-1}) \quad (5)$$

kde

$\lambda_{PK}$  ... korigovaná hodnota intenzity poruch ( $\text{rok}^{-1}$ )

$\lambda_P$  ..... intenzita poruch daného prvku ( $\text{rok}^{-1}$ )

Typ údržby nám silně ovlivňuje náklady na opravu

#### d) Náklady na výpadek

Tato nákladová položka zahrnuje náklady na nedodanou energii při výpadku, následných škod a poruch. V případě výpadku zařízení lze do položky zahrnout ušlý zisk, který společnost prodělala v důsledku nedodané energie. Pro výši hodnoty nákladů na výpadek platí vztah:

$$N_V = \lambda_{PK} \cdot T_V \cdot P_N \cdot N_P \quad (\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (6)$$

kde

$\lambda_{PK}$ ... korigovaná intenzita poruchy ( $\text{rok}^{-1}$ )

$T_V$ ...střední doba trvání výpadku (h)

$N_P$ .... měrné náklady na výpadek ( $\text{Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$ )

$P_N$ .... střední hodnota odebíraného výkonu (MW)

Vztah pro náklady na výpadek předpokládá určitá zjednodušení. Ve skutečnosti do toho nákladu je nutno zahrnout celou řadu jiných faktorů. Důležité je podotknout že tyto náklady budou dány:

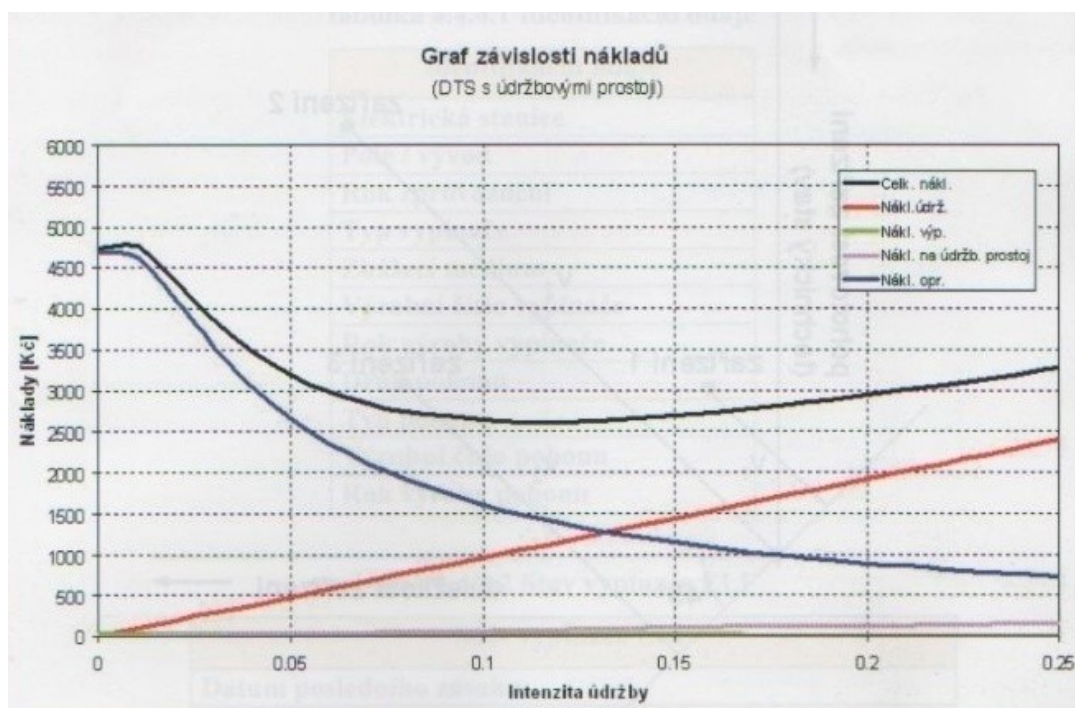
- Pevnou část, která závisí na místě v síti, kde výpadek nastal.
- Pohyblivou část, která bude záviset na tom, kde je zařízení v síti umístěno a na velikosti odběru poškozených odběratelů, kteří byli v okamžiku výpadku postiženi výpadkem.

Určení měrných nákladů na výpadek je nejproblematictější. Zde se musí zahrnout rozdíly nákupní a prodejní ceny elektrické energie dané společností. S touto

položkou nejsou komplikace. Do této položky nákladu na výpadek se zahrnuje i náklady na tzv. nedodanou energii. Tyto náklady musí daná přenosová společnost zaplatit odběratelům v případě výpadku přenosu. V současné době není v České republice jednotná metodika, která by usnadnila vyčíslení těchto nákladů.

Graf nákladové funkce průměrné distribuční transformace (DTS) jedné z distribuční oblasti je na obrázku obr. 4. Náklady na výpadek představují pouze náklady na „obchodní rozpětí“, to je průměrný rozdíl nákupní a prodejní ceny distribuční společnosti. Tyto náklady neovlivňují optimální intenzitu údržby, protože jsou minimální.

V grafu nákladové funkce jsou zobrazeny náklady na výpadek, které se dělí na plánovaný výpadek (údržba) a neplánovaný výpadek (porucha). Muže se předpokládat že náklady na neplánovaný výpadek budou vyšší.



obr. 4 Graf nákladové funkce [1]

### 3 Současný stav v naší energetice

V současné době v ČR se zařízení udržuje podle tzv. Řádu preventivní údržby. Každá společnost, která provozuje distribuční soustavu, má vlastní řád preventivní údržby. Tento řád je základní předpis pro vykonávání kontrol a údržby na energetických zařízeních distribuční sítě

dané společnosti pro, kterou tento řád platí. Zpracovává se průběžně na základě legislativních předpisů, které poskytl k dispozici výrobce zařízení, praktických zkušeností s provozem energetických zařízení a výběru optimální varianty údržby. Podle energetického zákona 211/2011 Sb. je povinen držitel licence pro distribuci elektrické energie zajistit, aby práce související s výkonem autorizované činnosti vyžadující odbornou způsobilost prováděly pouze osoby s odbornou způsobilostí dle Vyhlášky SUIP číslo 50/1978 Sb. Při dodávce elektrické energie v přenosové a distribuční soustavě se ve smyslu normy ČSN 33 1500 změna Z2 není povinné provádět pravidelné revize, pokud je bezpečnost elektrických zařízení zajišťována pravidelnými kontrolami a údržbou podle řádu preventivní údržby schváleného společností která zařízení provozuje. Pro zařízení elektroinstalací a hromosvodů se tyto uvedené ustanovení nevztahuje, tzn., že pravidelné kontroly nejsou zapracovány do příslušných pracovních postupů. V tomto případě dále trvá povinnost provádět pravidelné revize ve lhůtách dle ČSN 33 1500.

### **3.1 Pracovní postupy**

Řád preventivní údržby má nedílnou součást a to je pracovní postup. Na určitém zařízení se může provádět více pravidelných kontrol a údržby v různých cyklických intervalech. Práce na zařízeních, jako jsou pravidelné kontroly a údržby ve stanovených lhůtách, mohou provádět pouze pracovníci příslušnou elektrotechnickou kvalifikací dle vyhlášky SUIP číslo 50/1978 Sb. pověřeni touto činností.

Fyzické a právnické osoby, které provádějí revize a pravidelné kontroly v distribuční soustavě musí mít kromě příslušných oprávnění stahující se k dané činnosti a osvědčení odborné způsobilosti, také mít k dispozici potřebné informace daného zařízení distribuční soustavy, dále musí být vybaveny potřebnými pracovními a ochrannými pomůckami i zkušebním a měřicím zařízením. Nezbytně musí zajistit bezpečnostní opatření, které zamezuje možnost ohrožení osob, majetku a zařízení během prováděného úkonu na zařízení.

#### **Závazná struktura pracovního postupu:**

- Blok revidovaného zařízení
- Název pracovního postupu
- Prováděcí lhůta
- Číslo pracovního postupu

#### **3.1.1 Lhůty - realizace pracovních postupů**

Lhůty pracovního postupu i pracovní postupy jsou předepsané v řádu preventivní údržby a jsou závazné. Prodloužení lhůt lze provést výjimečně, především na základě schválených metod údržby v případě kdy budou dodrženy platné legislativy.

Provedení preventivní držby musí být nejpozději v roce, ve kterém končí lhůta od provedení poslední preventivní údržby.

Zvláštní případ je u zařízeních, která jsou z národohospodářských nebo technologických důvodů důležitá, že na nich nelze provést údržbu aniž by bylo zařízení uvolněno z provozu. U této výjimky se může pravidelná údržba provést po uplynutí stanovené lhůty. Údržba se provede buď při nejbližším možném přerušení provozu zařízení, anebo nejpozději následujícího roku po uplynutí stanovené lhůty.

Pro lhůty, které jsou kratší než jeden rok, nesmí doba mezi dvěma vykonanými údržbovými pracemi přesáhnout dvojnásobek stanovené lhůty (např. u lhůty 6 měsíce nesmí doba překročit 12 měsíců a rovněž nesmí být kratší než 3 měsíce). Lhůty pro vykonávání revizí jsou stanoveny ve Vyhlášce 85/1978 Sb. ČSN 33 1500, ČSN 69 0012 a PNE 33 0000-3

### **3.1.2 Pracovní činnosti**

V rámci pracovního postupu je pracovní činnost upřesněním konkrétního úkonu.

### **3.1.3 Záznamy o provedených kontrolách**

Záznam o výsledcích pravidelných kontrol a údržby se provádí písemné záznamy, které jsou potvrzeny podpisem pověřeného pracovníka, a do elektronické podoby se uchovává záznam vybraných údajů. Do záznamu se musí uvést závěrečné stanovisko, zda elektrické zařízení je provozuschopné a bez rizika nebezpečí úrazu elektrickým proudem, dále musí být uvedena evidence zjištěných závad na zařízení a také kdo provedl kontrolu.

Pro zařízení, které má lhůty mezi kontrolami kratší než jeden rok, je možnost zaznamenávat předepsanou kontrolní činnost do speciálního dokumentu (např. Provozní deník). V elektronické formě musí být záznamy o pravidelných kontrolách a preventivní údržbě do technického informačního systému. Písemný záznam musí být uložen u společnosti, která udržuje dané zařízení tedy společnost pověřená výkonem řádu preventivní údržby.

### **3.1.4 Záznam o provedené kontrole a údržbě dle ŘPÚ**

Záznam tvoří písemný a elektronický záznam o výsledku preventivní údržby. Jde o kontroly a údržby popřípadě diagnostiky, které byly provedeny na daném zařízení. Z těchto výsledků je patrný současný technický stav zařízení z hlediska jeho provozuschopnosti a jeho bezpečnosti. Do této evidence musí být zaznamenány zjištěné závady a kým byla provedena údržba. Pokud je součástí kontroly zařízení také zpráva o měření (termovize atd.), musí se uvést do dokumentu jako příloha k příslušnému záznamu a zároveň zavedena elektronickou formou do technického informačního systému, bude uchováván vždy poslední záznam.

Do záznamů o údržbě (prohlídka a běžná údržba, diagnostická zkouška) se musí zahrnout tyto požadavky:

- Určení druhu údržby a kontroly
- Datum, kdy byla zahájena a ukončena kontrola a práce
- Vymezení rozsahu zařízení, na kterém byla provedena kontrola a údržba (region v kterém je zařízení umístěno, označení rozvodny, vedení, číslo pole, název vývodu, typ přístroje a jeho sériové číslo apod.)
- Údaje o pracovníku, tj. jméno a podpis, který je odpovědný za provedenou kontrolu a údržbu. Pokud se jedná o dodavatelskou práci, musí být doloženo i razítko dodavatelské organizace.
- Záznam udávající jaký druh úkonu byl proveden (prohlídka, měření, zkoušky, ...)
- Naměřené hodnoty a výsledky zkoušek včetně popisu použitých metod, které byly použity a soupis všech použitých pomůcek a přístrojů
- Popis všech provedených preventivních zásahů, kde budou zahrnuty veškeré manipulace (např. s SF<sub>6</sub> a olejem, v případě kdy půjde o výměnu oleje, musí se rovněž uvést typ vyměněného oleje). Tento popis může být jen odkazem na příslušný pracovní postup.
- Soupis evidovaných závad, které byly buď doposud neodstraněny a ty, které byly nově zjištěny.
- Závěrečné prohlášení, ve kterém je uvedeno, zda zařízení „JE“ schopno bezpečného provozu či nikoliv.
- Datum, jména a podpisy pracovníků, kteří jsou odpovědní za vypracování, předání a převzetí práce

### 3.1.5 Zpráva o pravidelné revizi elektrického zařízení

Jedná se o písemný a elektronický doklad o výsledcích provedené revize, zde je uveden stav elektrického zařízení v době provedení revize z hlediska bezpečnosti.

Revizní zpráva o elektrickém zařízení musí obsahovat:

- Určení druhu provedené revize
- Vymezení rozsahu elektrického zařízení, které bylo revidováno (region kde je zařízení umístěno, označení rozvodny, vedení, čísla pole, názvy vývodů, typ přístroje a sériové číslo apod.)
- Soupis použitých přístrojů
- Soupis úkonů, které byly provedeny při revizi (prohlídka, měření, zkoušky)
- Soupis závad, které byly zjištěny při revizi
- Datum kdy byla revize provedena, datum vypracování a předání revizní zprávy
- Jméno, evidenční číslo a podpis revizního technika, který úkon provedl
- Naměřené hodnoty

Pokud se při vypracování revizní zprávy využívá písemných dokladů, musí být uveden jejich seznam a místo jejich uložení. Při provedení revize externí firmou musí být všechny tyto doklady součástí revizní zprávy.

#### 4.1 Posuzovanie technického stavu pro transformátor 110 kV/vn

Zde je zohledňováno prostředí, ve kterém je zařízení provozováno ( např. prostředí se zvýšeným výskytem prachu nebo prostředí s velkým chemický znečištěním). Klimatické podmínky mají vliv především na průchodky transformátoru.

čisté prostředí - 100%

$$\left(1 - \frac{\text{aktuální den} - \text{den poslední běžné údržby nebo opravy}}{\text{počet dní v posledních 5ti letech}}\right) \cdot 100\% \quad \begin{array}{l} \text{- do 5 let,} \\ 0\% \quad \text{- nad 5 let} \end{array}$$

ostatní (od roku výroby 1992) - 100 %

## 13

Převážně se posuzují konstrukční materiály a jejich zestárnutí.

Navržená váha 50 %.

Rozsah hodnocení:

$$\left(1 - \frac{\text{aktuální rok} - \text{rok výroby}}{40}\right) \cdot 100\% \quad - \text{do 40 let}$$

0% - od 40 let

**d) Stav nádoby (koroze, nátěr)**

Navržená váha: 10 %

Rozsah hodnocení:

rozsáhlá koroze - 50 %,

mírná koroze - 75 %

bez závad - 100 %

**e) Těsnost nádoby, potrubí a armatur**

Navržená váha: 40 %

Rozsah hodnocení:

úkapy oleje - 50 %,

prolínání oleje - 80%,

bez závad - 100 %

**f) Stav ovládací skříně a její výzbroje**

Navržená váha 20 %

Rozsah hodnocení:

normální zastaralost, koroze -30 %,

drobné poruchy (závady) výzbroje a nebo mírná koroze na skříně - 70 %,

bez závad - 100 %

**g) Kabeláž**

Navržená váha: 10 %

Rozsah hodnocení:

zjištění závad - 50 %

bez závad - 100 %

**h) Typ přepínače odboček**

Navržená váha: 50%

Rozsah hodnocení:



RS9, RS4 - 60 %,

OPZ – 70 %,

MR – 100 %

#### **i) Stáří přepínače odboček**

Navržená váha: 10 %

Rozsah hodnocení:

$\left(1 - \frac{\text{aktuální rok} - \text{rok výroby}}{30}\right) \cdot 100 \%$  - do 30 let,

0% - nad 30 let.

#### **j) Druh pohonu**

Navržená váha: 20 %

Rozsah hodnocení:

MZ – 0 %

Škoda – 50 %

MR – 100 %

#### **k) Počet přepnutí**

Zde se zohlední technický stav přepínače odboček.

Navržený váha: 30 %

Rozsah hodnocení:

nad 200 000 přepnutí – 0 %

od 50 000 do 200 000 přepnutí – 50 %

do 50 000 přepnutí – 100 %

#### **l) Těsnost průchodek**

Navržená váha: 40 %

Rozsah hodnocení:

netěsnost - 0 %

bez závad – 100 %

#### **m) Staří průchodek**

Navržená váha: 20 %

Rozsah hodnocení:

$\left(1 - \frac{\text{aktuální rok} - \text{rok výroby}}{30}\right) \cdot 100\%$  - do 30 let

0 % - nad 30 let

**n) Datum vnitřní revize**

Navržený váha: 50 %

Rozsah hodnocení:

$$\left(1 - \frac{\text{aktívní rok-rok vnítrní revize}}{20}\right) \cdot 100\% \quad \text{- do 20 let}$$

0 % - nad 20 let

## 4.2 Posuzování technického stavu pro Vypínače VMM

### a) Klimatické podmínky

Zde je zohledňováno prostředí, ve kterém je zařízení provozováno a které má také vliv na jeho spolehlivost. Jsou brány v úvahu možnosti výskytu námrazy, které mohou způsobovat mechanické poškození na částí konstrukce vypínače, dále se zvažuje chemické znečištění, které může působit na zařízení agresivně. Negativně může ovlivňovat prašné prostředí tato možnost nepříznivě ovlivňuje především izolátory a má svůj podíl na spolehlivost zařízení.

Navržená váha: 5 %

Rozsah hodnocení:

znečištěné ovzduší (prach, chemikálie) nebo možnost vzniku extrémní námrazy – 0 %

čisté ovzduší s nízkou pravděpodobností vzniku námrazy – 100 %

Navržená váha: 5 %.

### b) Těsnost zhášecí komory

Vycházíme ze stavu hladiny oleje, průsacích a vztlínání oleje ve spojích u máloolejových vypínačů.

Navržená váha: 80 %

rozsaň hodnocení:

Závažný únik – 25 %

drobné úniky – 50 %

těsná komora – 100 %

### c) Těsnost tlakového systému pohonu

Navržená váha: 60 %

Rozsah hodnocení:

větší netěsnosti – 50 %

drobné netěsnosti – 80 %

bez úniku – 100 %

**d) Stav kovových částí (koroze, nátěr)**

Navržená váha: 10 %

Rozsah hodnocení:

Rozsáhlá koroze – 70 %

mírná koroze – 90 %

bez koroze – 100 %

**e) Stav uzemnění**

Navržená váha: 5 %

Rozsah hodnocení:

závada nebránící bezpečnému provozu – 50 %

bez závad – 100 %

**f) Stav izolátoru**

Navržená váha: 50 %

Rozsah hodnocení:

rozsáhlejší poškození – 50 %

poškození glazury, znečištění (olej, prach apod.)

bez závad – 100 %

**g) Typ vypínače (dle zhášecího media)**

Navržená váha: 60 %

Rozsah hodnocení:

máloolejový – 60 %

**h) Stáří vypínače**

Starší vypínače mají větší pravděpodobnost, že na nich bude provedena údržba spíše než u novějších vypínačů, při rozhodování priority údržby

Navržená váha: 40 %

Rozsah hodnocení:

$$1 - \left( \frac{\text{aktuální rok} - \text{rok výroby}}{40} \right) \cdot 100$$

**i) Druh pohonu**

Pohon vzduchový – Vypínače VMM

Navržená váha: 20 %

Rozsah hodnocení:

vzduchový (s vlastním kompresorem i s centrálním rozvodem tlakovzduchu) – 60 %

hydraulický – 80 %

pružinový – 100 %

**j) Doba od poslední běžné údržby vypínače**

Navržená váha 50 %

Rozsah zhodnocení:

$$\left(1 - \frac{\text{aktuální den} - \text{den poslední běžné údržby opravy}}{\text{počet dní v posledních } n \text{ letech}}\right) \cdot 100$$

**k) Vyhodnocení diagnostických zkoušek**

V případě kdy jsou uvedeny hodnoty zvlášť pro každou fázi, bere se vždy nejhorší uvedený případ.

Navržená váha: 100 %

Vychází se z metodiky, která hodnotí parametry:

- úbytek napětí na hlavních kontaktech (mV)
- zapínací čas (ms)
- vypínací čas (ms)
- nesoučasnost (ms)
- elektrická pevnost (kV/cm)

Tab. 1 Limitní hodnoty diagnostiky

Úbytek napětí na hlavních kontaktech (mV)	Zapínací čas (ms)	Vypínací čas (ms)	Nesoučasnost (ms)	Elektrická pevnost (kV/cm)
20	160	90	10	90
30	180	110	10	80
40	500	200	200	60

Když se naměřená hodnota daného kritéria objeví v první úrovni (vše v pořádku), tak kritérium je hodnocené 0 %. Pokud naměřená hodnota se vyskytne v 2. úrovni, bude dané kritérium hodnoceno podle vzorce:

$$\frac{\text{nam. hodnota} - \text{limitní hodnota mezi 1. a 2. úrovní}}{\text{rozdíl limitních hodnot 1. a 2. úrovně}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{5}$$

Naměřené hodnoty jsou respektovány tímto vztahem a výsledné číslo je tím vyšší, čím je naměřená hodnota horší. Dané kritérium může ovlivnit výsledné hodnocení diagnostiky o jednu pětinu právě proto je ve vztahu hodnota 1/5 (je pět kritérií), z toho vyplývá, že každé z pěti kritérií má stejnou váhu (výjimkou je případ kdy jsou vydefinována kritéria méně důležitá a důležitější). Další hodnota 1/3 vyjadřuje výsledky měření ve 2. úrovni budou mít „poloviční“ ovlivnitelnost výsledku hodnocení diagnostiky než výsledky měření spadající do úrovně 2. Hodnota 2/3 je ve vzorci pro úroveň 2. Konečné hodnocení diagnostiky bude uskutečněno jako 1- součet hodnocení všech pěti kritérií (pokud se nevyskytuje žádné kritérium v úrovni 3) nebo 2/3 – součet všech pěti kritérií (pokud je alespoň jedno kritérium v úrovni 3. Jestli se jediné kritérium dostane do úrovně 4, je výsledné hodnocení diagnostiky 0. Hodnocení diagnostiky 1 znamená u všech kritérií úroveň jedna. Hodnocení bude vždy v rozmezí 0 až 1, kdy 0 odpovídá nejhoršímu výsledku diagnostiky (úroveň 4) a 1 pro nejlepší výsledky (úroveň 1). Čím bude naměřená hodnota horší tím bude výsledné hodnocení diagnostiky horší. Pokud se alespoň jeden parametr objeví v úrovni 4, bude výsledkem hodnocení 0.

## 5 Analýza stanovení důležitosti zařízení

### 5.1 Kritéria důležitosti transformátoru 110 kV/vn

#### a) Přenesená energie za rok

Rozsah hodnocení:

do 50 GWh – 80 %

nad 50 do 100 GWh – 90 %

nad 100 GWh – 100 %

#### b) Možnost zálohování

Rozsah hodnocení:

T100/15/vn100/15D – 70 %

T100/15/vn100/60R – 75 %

T100/15/vn100/120R – 80 %

T0/-/vn100/15D – 85 %

T0/-/vn100/60R – 90 %

T0/-/vn100/120R – 95 %

Žádná záloha – 100 %

Kde:

R - ruční manipulace,

D - dálková manipulace,

15,60,120 - zprovoznění do [min],

vn100 - záloha po vedeních vn je 100 %,

T100 - záloha transformátorem je 100 %,

T0 - záloha transformátorem není možná.

#### c) Důležitost připojených vedení vn

Rozsah hodnocení:

$$\frac{\text{Součet kcreditů ve deni napajených z transformátoru}}{\text{Největší součet kcreditů ze všech hodnocených transformátorů}} \cdot 100 \%$$

Veškeré kritéria popisující důležitost má stanovenou váhu na 100 % (všechna kritéria jsou postavena do jedné úrovně, která je pro všechny stejná)

## 5.2 Kritéria důležitosti pro vypínače VMM

U všech kritérií popisujících důležitost vypínače platí stejné stanovení vah, jak u transformátoru 110 kV/vn (všechny kritéria mají stejnou váhu – 100 %)

### a) Umístění vypínače (Pole)

Rozsah hodnocení:

SP (spojka přípojníc) – 80 %

KSP (kombinovaná spojka přípojníc) – 90 %

ve vývodu venkovního (kabelového) vedení nebo u transformátoru – 100 %

### b) Typ vedení

Rozsah hodnocení:

paralelní vedení – 80 %

paprsek – 90 %

vedení od generátoru nebo přenosového transformátoru

(taktéž vypínače spojek přípojníc) – 100 %

### c) Možnost zálohování

Rozsah hodnocení:

ano – 50 %

ne – 100 %

### d) Důležitost odběru

Rozsah hodnocení:

nejnižší – 70 %

nízká – 80 %

střední – 90 %

nejvyšší (tato se volí i u vypínačů spojek přípojníc) – 100 %

### e) Přenesena energie za rok

Rozsah hodnocení:

do 400 GWh – 50 %

nad 400 GWh a v případě, kdy se energie neměří (vypínače spojek přípojníc) – 100 %

## **6 Vytvoření metodiky údržby pro prvek vedení 110 kV**

### **6.1 Návrh metodiky obnovy vedení 110 kV dle technického stavu a umístění v elektrizační soustavě**

Pro vedení 110 kV bude metodika „širší“, aby bylo možno plánovat obnovu vedení z hlediska vyhodnocení spolehlivosti vedení (úseku).

Základ všech obdobných metodik je strukturní sestavení vstupních dat. Nezbytná je úplnost vstupních dat, která by neměla obsahovat redundantní údaje, tyto údaje musí být hodnověrné a poměrně snadno dosažitelné. Pokud vstupní databáze splní uvedená kritéria, je nutno provést „optimalizaci (minimalizaci)“.

Vstupní databáze musí obsahovat následující skupiny údajů:

- údaje o technickém stavu vedení,
- údaje o zatížení (nárůstu zatížení) vedení,
- údaje o poruchách a závadách na vedení,
- údaje o zálohovatelnosti vedení.

Tyto základní údaje, jako je technický stav a důležitost vedení, jsou nezbytné pro stanovení plánu obnovy vedení.

### **6.2 Možnosti obnovy vedení 110 kV**

Existuje několik možností obnovy vedení. V tomto případě je chápána jako činnost, která zlepšuje technický stav vedení, do této činnosti je zahrnuta i údržba vedení. Jedná se o tyto činnosti:

- údržba (odstraňování drobných závad při lezecké údržbě),
- drobné opravy (odstraňování závad menšího rozsahu),
- opravy poruch



- výměna zemního lana (zejména náhrada lana Fe za AlFe, případně za KZL – (kombinované zemní lano),
- oprava uzemnění,
- opravy základů, uzemnění, nátěry ocelových konstrukcí,
- přeizolace – výměna izolátorů a armatur,
- opravy ocelových konstrukcí (výměna jednotlivých částí, vyvažování, zesilování, nátěr),
- výměna vodičů, armatur a izolátorů (v případě závažného poškození stávajících vodičů se vesměs přechází na “standardizovaný” průřez 450 mm<sup>2</sup>, nenahrazuje se lanem s původním průřezem),
- kompletní rekonstrukce vedení (demontáž stávajícího, výstavba nového – nový základ, ocelová konstrukce, armatury, lano a ZL).

Ojedinele se mohou v praxi vyskytnout i jiné kombinace uvedených činností obnovy vedení.

### 6.3 Údržba vedení

Řízení údržby je v současnosti vedeno „Řádem preventivní údržby“ (ŘPÚ).

Každý druh zařízení přenosové a distribuční soustavy má stanoven rozsah preventivní údržby v základním členění:

- Prohlídka – vizuální kontrola stavu zařízení včetně jeho okolí (ochranného pásma) během provozu zařízení.
- Diagnostické zkoušky – provádí se porovnávání parametrů zkoušeného zařízení měřeními a zkouškami z důvodu ověření stavu bezpečnosti a provozuschopnosti zařízení.
- Běžná údržba – soubor úkonů udržujících daný druh zařízení v bezpečném a provozuschopném stavu. V případě zjištění závad v rámci prohlídky a diagnostického měření se doporučuje odstranění těchto závad.

V ŘPÚ jsou stanoveny lhůty pro snahu získat objektivní četnost kontrol a úkonů ve vazbě s časem potřebným k odstranění zjištěných závad, ve vazbě se složitosti a rizikovosti zařízení.

Pracovní postupy a lhůty předepsané v řádu preventivní údržby jsou závazné a maximální, lhůty lze výjimečně prodloužit, především na základě schválených metod údržby (v případě kdy bude platná legislativa splněna).

Při stanovení lhůt zvažují:

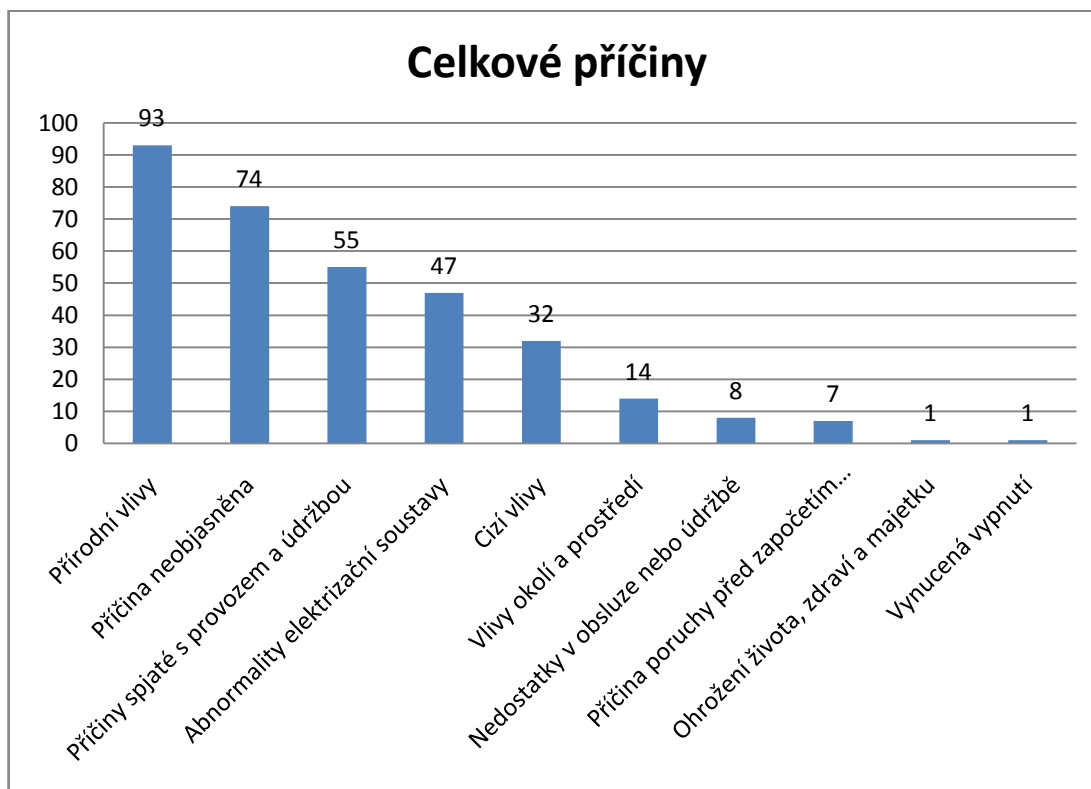
- Zkušenosti z provozu s jednotlivými druhy zařízení dle přístrojového a konstrukčního vybavení.
- Technické podmínky výrobce zařízení z hlediska lhůt stanovených pro údržbu.
- Důležitost příslušného zařízení na provozní spolehlivost (úroveň spolehlivosti dodávky elektrické energie je smluvně stanovena).
- Vyhodnocení působení vnějších vlivů v lokalitě, kde je umístěno příslušné zařízení.

O výsledcích prováděných kontrol na zařízení musí být vypracované písemné záznamy potvrzené podpisem pověřeného pracovníka a uchovány záznamy vybraných údajů v elektronické podobě.

#### 6.4 Porovnávání poruch na vedení

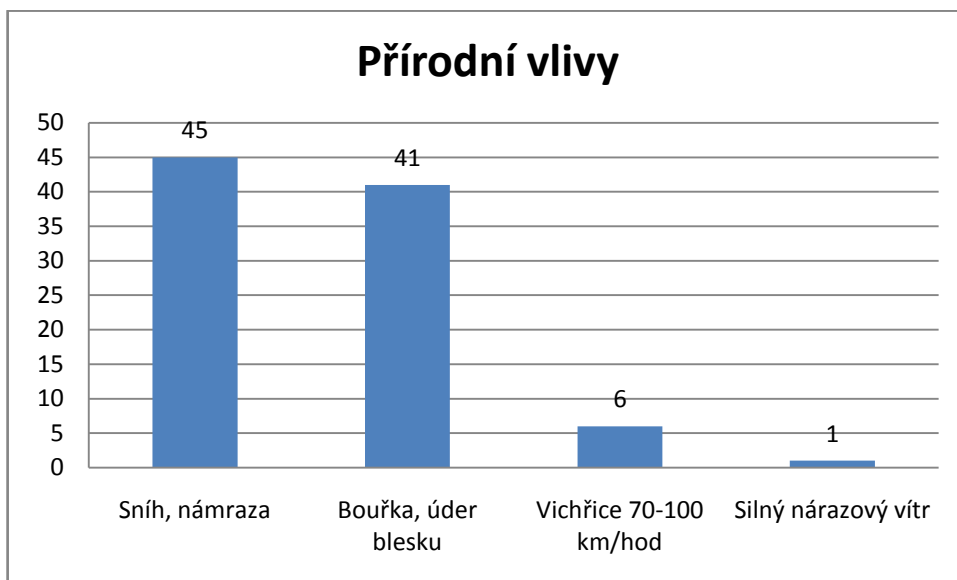
Pro porovnávání poruch na vedení byly použity informace z databáze poruch na vedení 110 kV. Tato databáze obsahovala celkem 332 poruch za časový úsek 11-ti let. Jednotlivé poruchy se členili podle příčin, které vedly k jejich vzniku.

Na obr. 5 jsou seřazeny poruchy dle jejich příčin.

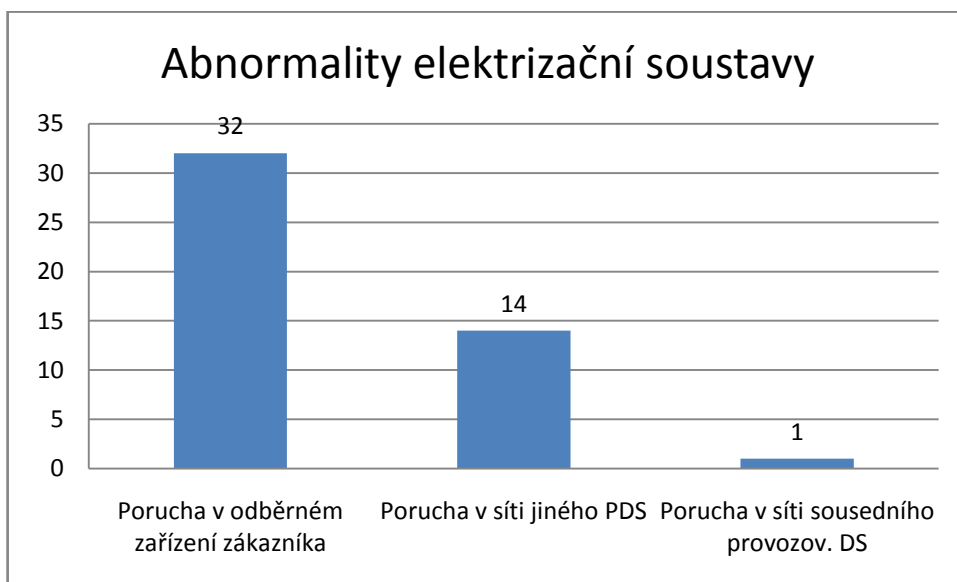


Obr. 5 – Seřazení příčin poruch

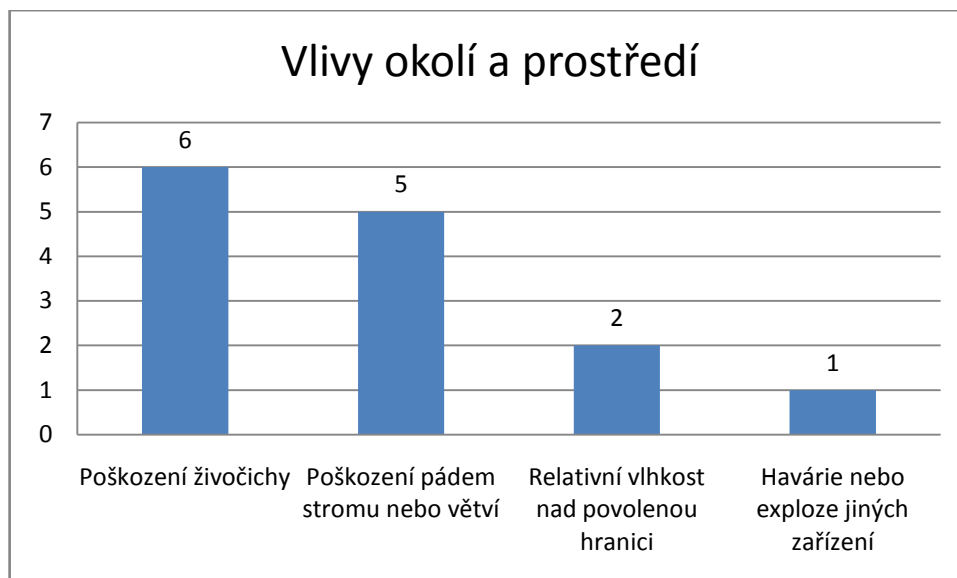
Ze sloupcového grafu na obr. 5 je patrné že největší podíl na poruchách způsobují přírodní vlivy, které jsou detailněji zobrazeny v obr. 6. Zde je patrné, že nejškodlivějším přírodním vlivem je sníh a námraza v zimních měsících a úder blesku při bouřkách v letních měsících. Vichřice a silný nárazový vítr už jsou minimální příčinou vzniku poruch na vedení.



Obr. 6 – Seřazení druhů přírodních vlivů

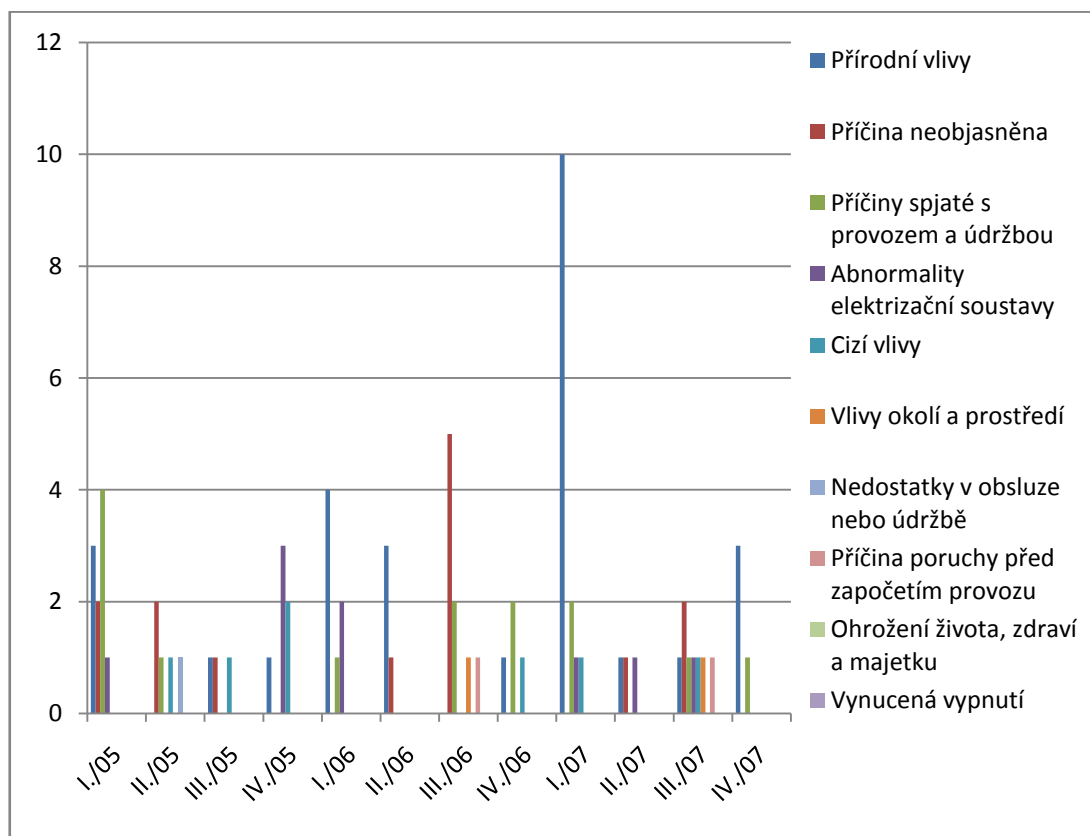


Obr. 7 – Seřazení druhů poruch z abnormalit elektrizačních soustav



Obr. 8 – Seřazení druhů poruch z vlivu okolí a prostředí

Na obr. 9, je sloupcový graf, který znázorňuje četnost jednotlivých poruch na vedení 110 kV. Rozsah grafu je od roku 2005 do roku 2007 z důvodu přehlednosti, dále je osa x rozdělena na čtvrtletí jednotlivých zmíněných let. Je patrný nárůst poruch zapříčiněných přírodními vlivy v zimních obdobích. Tyto poruchy způsobuje námraza a sníh na vedeních. Další častou příčinou je úder blesku do vedení v letních obdobích. Tyto četnosti jsou uvedeny na obr. 6



Obr. 9 – Četnost jednotlivých poruch za 3 roky

## 6.5 Porovnávání závad na vedení

Při tvorbě databází závad pro určení technického stavu vedení se musí postupovat tak, aby výsledná hodnota vyhodnocení pokud možno co nejlépe stanovila aktuální technický stav vedení.

Závady je nutno vyhodnocovat ne co do počtu, jako u poruch na vedení, ale co do „významu“. Např. několik desítek závad, které se týkají drobných nedostatků každého stožáru (např. chybějících bezpečnostních tabulek) nemůže mít větší význam než jedna závada, která svědčí o špatném technickém stavu celého úseku vedení.

Je nutné nejprve provést „kategorizaci“ závad, po rozdělení budou mít jednotlivé druhy závad příslušnou váhu, která jim bude přidělena.

Další rozdělení poukazuje, že část vedení 110 kV je dvojité (se dvěma potahy). Proto je nutné provést členění podle závad, které se týkají obou potahů na vedení či pouze jednoho potahu.

Při tvorbě databáze vedení, která bude sloužit účelům optimální obnovy, je nutné oddělit vedení na jednouchá a dvojitá, protože u dvojitých vedení se může činnost obnovy týkat jen jednoho potahu a jiné činnosti obnovy se mohou týkat celé trasy (obou potahů vedení).

Hlavním kritériem v databázích závad by měla být „priorita závad“. Tento údaj je důležitý, protože určuje dobu, za kterou je nutno závadu odstranit. Tento údaj je velice cenný pro provozovatele distribuční sítě protože poukazuje na „závažnost“ závady.

Priorita závady má 5 stupňů:

1 - řešit ihned,

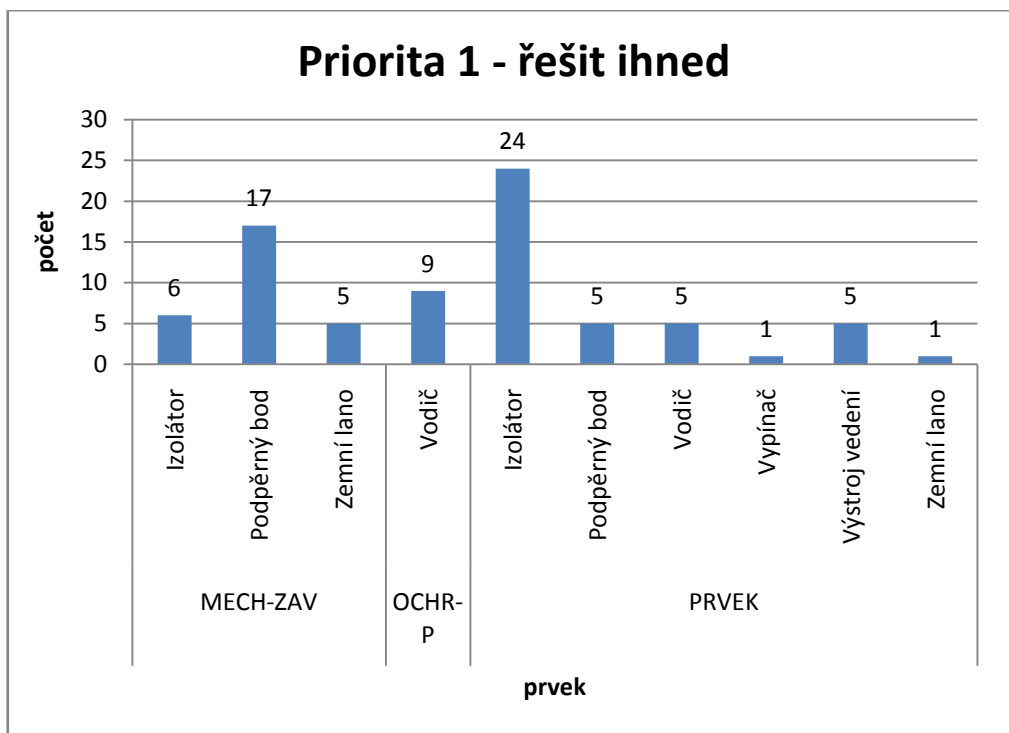
2 - řešit do týdne,

3 - řešit do měsíce,

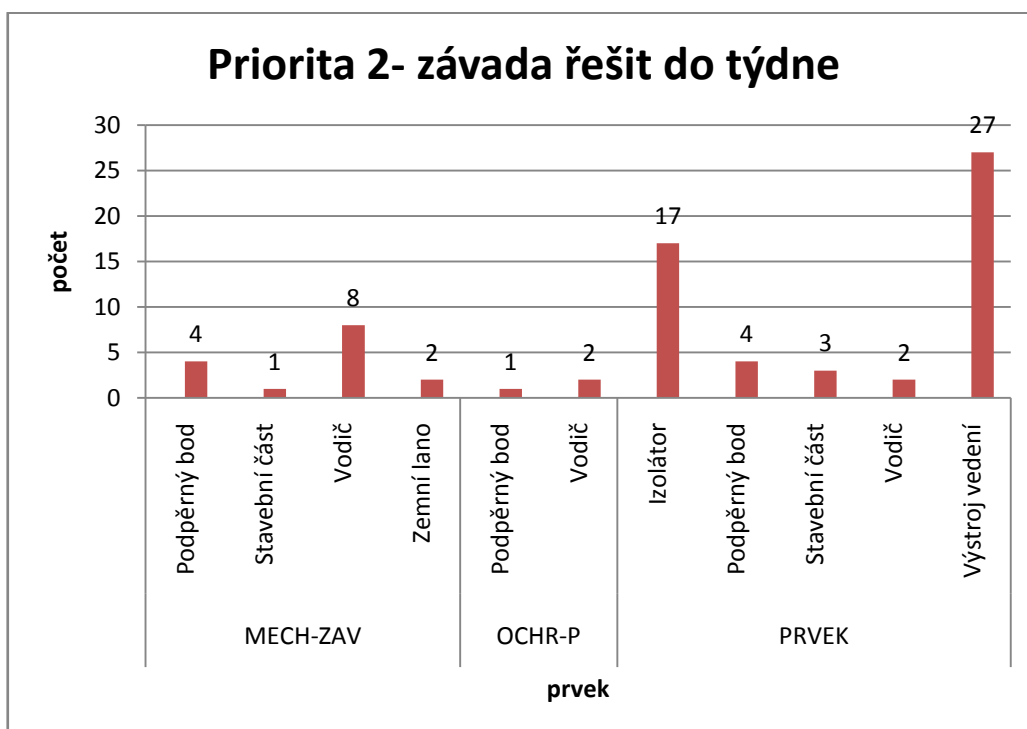
4 - řešit do roka,

5 - nespěchá.

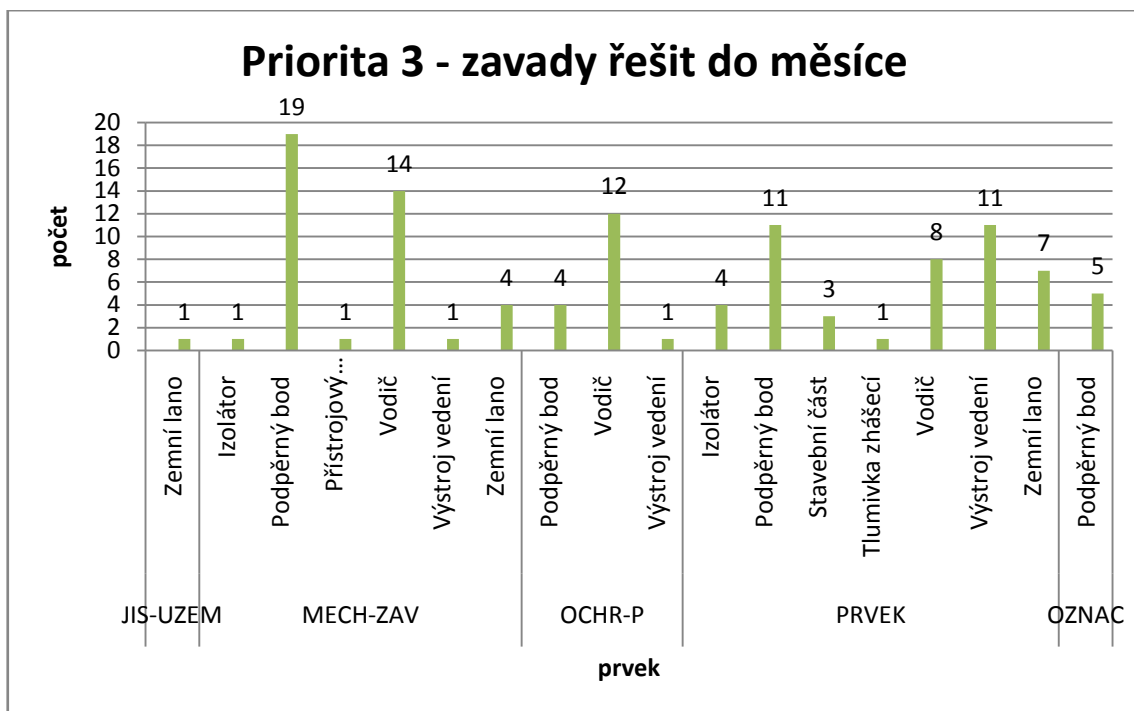
Tyto stupně jednotlivých priorit můžeme vidět na obr. 10, 11, 12, 13, 14 včetně extrémních výskytů závad na jednotlivých komponentech vedení pro každý stupeň zvlášť.



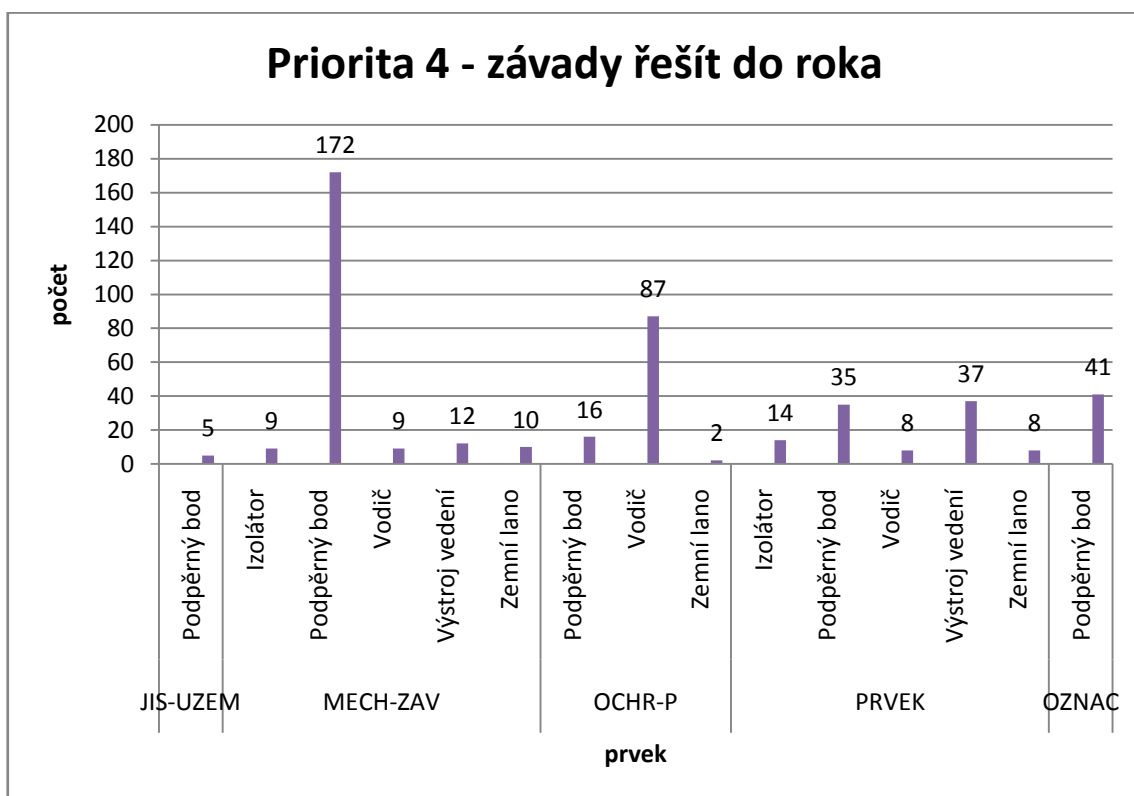
Obr. 10 – Četnost žádav 1. priority



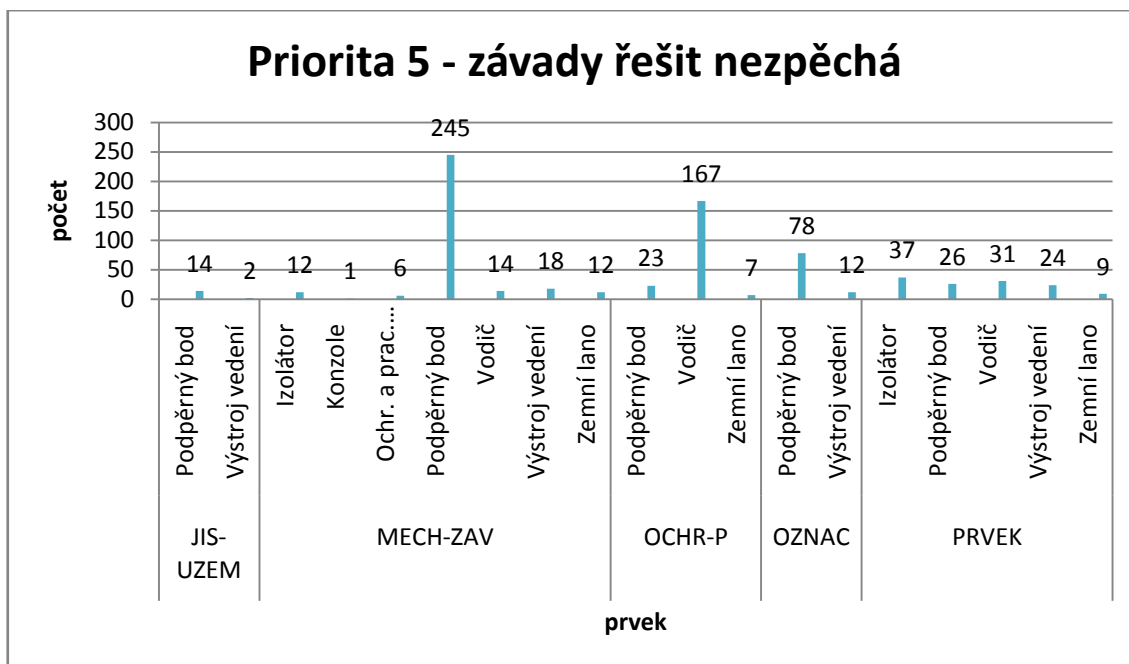
Obr. 11 – Četnost závad 2. priority



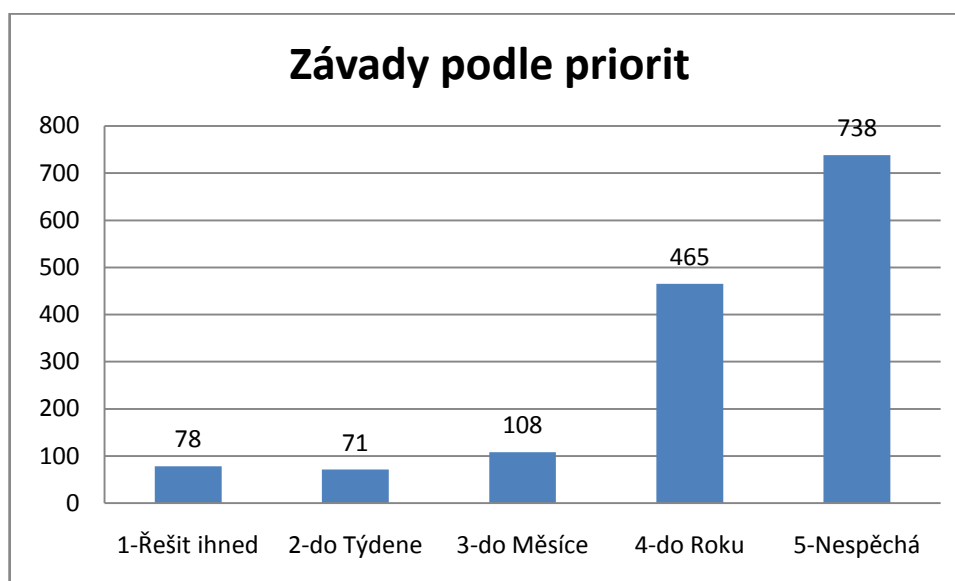
obr. 12 – Četnost závad 3. priority



Obr. 13 - Četnost závad 4. priority



Obr. 14 - Četnost závad 5. priority



Obr. 15 Četnost jednotlivých závad

Z grafů rozdělených podle priorit je patrné, že kódy závad (MECH-ZAV, OCHR-P, JIS-UZEM atd.) se vyskytují ve všech prioritách. Tento zápis je velmi všeobecný proto je nutné dále provést podrobnější analýzu, která bude vyhodnocovat popis závady.

Vyhodnocení popisu závady je nutné i pro podrobnější analýzu závad z hlediska ovlivnění technického stavu vedení. Opět je nutno stanovit závady, které ovlivňují oba potahy a nebo pouze jeden potah dvojitého vedení.



Návrh tohoto členění závad je v Tab. 2. Zde použité členění vychází pouze z kódu události. Dále je nutná podrobnější analýza popisující jednotlivé závady pro kvalitnější přehled příčin vzniku závad na vedení 110 kV

Tab. 2 Stručný přehled příčin závad na vedení

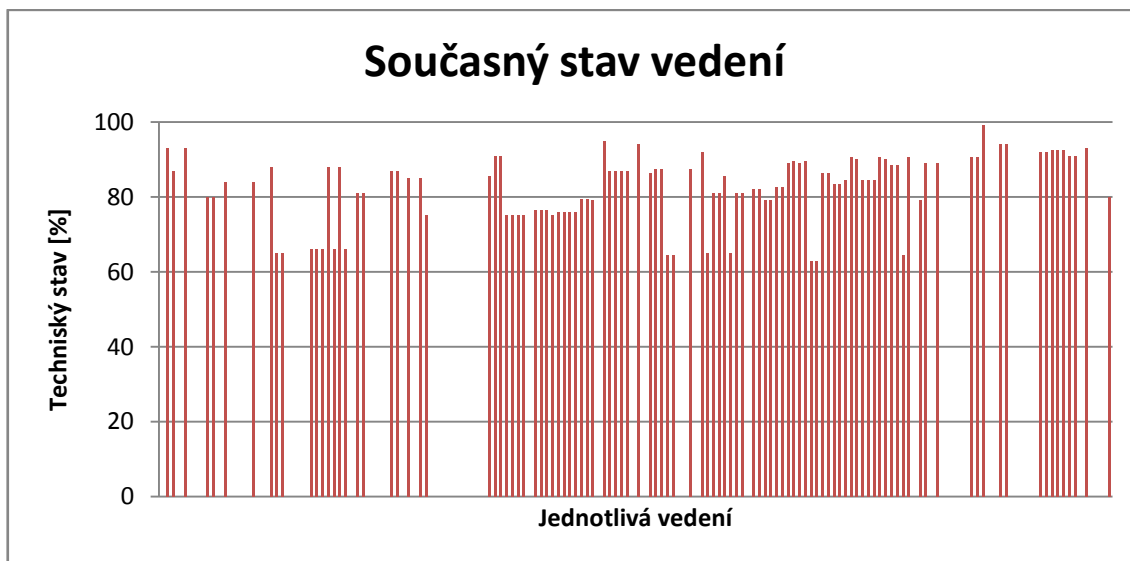
TxtSkupKódůČObj		(Vše)
Počet z TxtSkupKódůČObj		
Skup.kódů	Text kódu probl	Celkem
JIS-UZEM	Poškozené, nevyhovující uzemnění	22
Celkem z JIS-UZEM		22
MECH-ZAV	Drobná mech. závada	92
	Koroze, špatný nátěr	141
	Mechanické poškození	99
	Nezajištěno trafo proti posunu	2
	Poškozený základ PB	200
	Shnilý, popraskaný, poškozený PB	13
	Špatná mechanická ochrana	3
	Špatné uchycení kabelu, trubky, ..	1
	Vykloněný PB	52
Celkem z MECH-ZAV		603
OCHR-P	Cizí předmět ve vedení	13
	Narušené ochranné pásmo	7
	Nedodržena vzdálenost vodiče	8
	Prověšené vodiče	27
	Stromy, větve ve vedení	276
Celkem z OCHR-P		331
OZNACENI	Chybějící výstražné značení	46
	Chybějící, špatné, nečitelné označení	80
	Chybí tabulky, zábrany, kryty, přepážky	10
Celkem z OZNACENI		136
PRVEK	Neopravitelný prvek (výměna)	61
	Poškozená průchodka, izolátor	57
	Poškozený prvek	210
	Vyhřátá oka, svorky	40
Celkem z PRVEK		368
Celkový součet		1460

Závada neovlivní technický stav  
Závada ovlivní oba potahy vedení  
Závada ovlivní jeden potah vedení  
Závada může ovlivnit 1 nebo 2 potahy


## 6.6 Vliv údržby na stav vedení

### 6.6.1 Váha vztahená k technickému stavu vedení

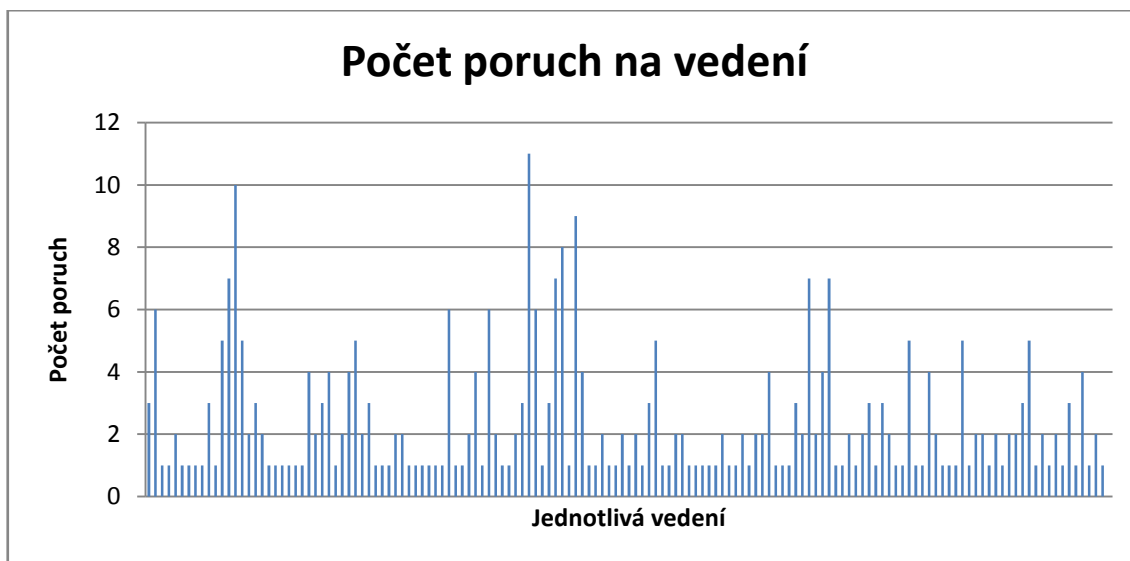
Nejdůležitějším faktorem pro započítání údržby vedení je jeho technický stav. Kvalita technického stavu, kterou můžeme znázornit v procentech je závislá na mnoha faktorech, které jsou získány z parametrů vedení, prohlídky a diagnostice vedení. Určování technického stavu se bude podrobněji věnovat tato práce v kapitole 7.1. Na obr. 16 je vidět náhodné uspořádání jednotlivých vedení. Velikost technického stavu je znázorněna na ose y. Údržba by měla být provedena přednostně na vedení kde jejich technický stav je nižší.



Obr. 16 – Technický stav vedení

### 6.6.2 Analýza poruchovosti vedení

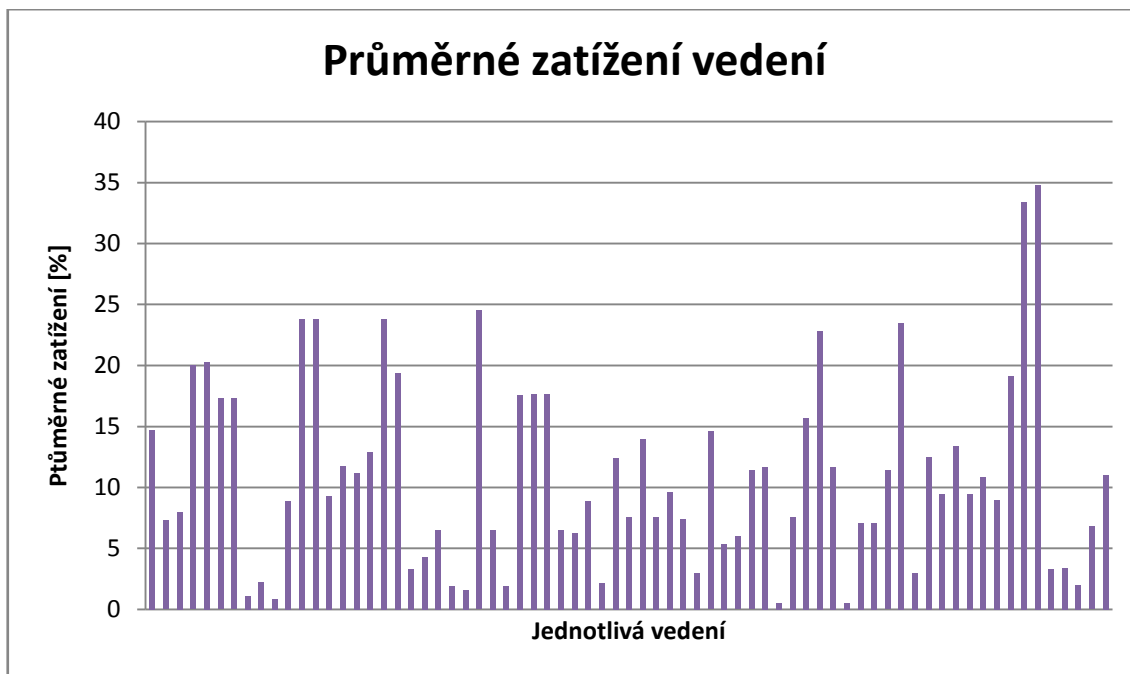
Pokud na určitém vedení vznikají častěji poruchy, než na ostatních mělo by poruchovější vedení být podřízeno častějším kontrolám a údržbě. Jak je vidět na obr. 17 úseky s nejvyšším výskytem poruch. Nejvyšší extrémy byly 8 až 11 poruch na jeden úsek vedení.



Obr. 17 – Poruchovost vedení

### 6.6.3 Analýza zatížení vedení

Zatížení vedení závisí na počtu odběratelů elektrické energie a jejich velikosti odběru. Pokud vedení není zatěžované přes 100 % svého navrženého jmenovitého přenášeného výkonu, nemá toto kritérium na důležitost vedení větší význam. Jak je vidět na obr. 18 z dat které byli k dispozici, není žádné vedení přetěžováno přes 100 %.



Obr. 18 – Zatíženost vedení

### 6.6.4 Analýza zálohovatelnosti vedení

Pro posuzování důležitosti vedení 110 kV, jsou v databázích k dispozici následující hodnoty:

- Současný technický stav (-)
- Elektrická energie přenesená vedením (MWh/rok),
- Maximální zatížení vedení (MW),
- Průměrné zatížení vedení (%),
- Činné ztráty na vedení (MWh/(rok, km)).

Z těchto údajů se dá rozpoznat důležitost vedení, dalším vstupem může být údaj o zálohovatelnosti vedení. Údaje pro určení zálohovatelnosti vedení 110 kV vypovídají jak je zajištěna dodávka elektrické energie do určité oblasti v případě výpadku určitého vedení.

Dodávka elektrické energie do dané oblasti může být zajišťována jiným vedením 110 kV, nebo po vedení vn. Dalšími parametry zálohovatelnosti jsou: hodnoty potřebných manipulačních časů, „procentní zálohy“ (tento údaj znázorňuje jakou část výkonu je možno přenést záložní cestou).

Při stanovení zálohovatelnosti vedení 110 kV se využívají následující minimální stupně záloh:

žádná záloha

V0/-vn100/120R

V0/-vn100/60R

V0/-vn100/15D

V100/15/vn100/120R

V100/15/vn100/60R

V100/15/vn100/15D

kde:

V0 - záloha vedením 110 kV není možná,

V100 - záloha vedením 110 kV je 100 %,

vn100 - záloha po vedeních vn je 100 %,

15,60,120 - zprovoznění do (min),

D - manipulace dálková,

R - manipulace ruční.

Zálohovatelnost je možno ještě více rozdělit na menší procentuální hodnoty zálohy (0 – 100%).

V případě nulové procentní hodnoty náleží nejvyššímu stupni zálohy a pak 100 % hodnota odpovídá stavu bez zálohy.

<b>Stav zálohy</b>	<b>Procentní hodnota zálohy</b>
žádná záloha	100
V0/- vn(0-100)/120	90
V0/- vn100/120	85
V0/- vn(0-100)/60	80
V0/- vn100/60	75
V0/- vn(0-100)/20	70
V0/- vn100/20	65
V(0-100)/15 vn(0-100)/120	60
V(0-100)/15 vn100/120	55
V(0-100)/15 vn(0-100)/60	50

V(0-100)/15 vn100/60	45
V(0-100)/15 vn(0-100)/20	40
V(0-100)/15 vn100/20	35
V100/15 vn0	30
V100/15 vn(0-100)/120	25
V100/15 vn100/120	20
V100/15 vn(0-100)/60	15
V100/15 vn100/60	10
V100/15 vn(0-100)/20	5
V100/15 vn100/20	0

kde:

V0	- záloha po vedení vvn není možná
V(0-100)	- záloha po vedení vvn existuje, ale není 100%
V100	- záloha po vedení vvn je 100%
vn0	- záloha po vedení vn není možná
vn(0-100)	- záloha po vedení vn existuje, ale není 100%
vn100	- záloha po vedeních vn je 100%
15,20,60,120	- zprovoznění do (min)

V tomto jemnějším hodnocení zálohovatelnosti není uvažována ruční a dálková manipulace, protože technická realizace manipulace není důležitá z hlediska spolehlivosti dodávky elektrické energie, ale jen hodnota manipulačního času. Tímto rozdělením je definováno celkem 20 stavů zálohovatelnosti s procentní hodnotou tohoto atributu po 5-ti %.

Pro výpočet spolehlivostních výpočtů se ale ukazuje, že uvedené členění nemusí být vždy vhodné. V případě, kdy existuje 100 % záloha na vedení 110 kV, pak záloha po vedení vn ovlivňuje výslednou spolehlivost dodávky elektrické energie jen minimálně.

Proto se naskytuje další možnost návrhu řešení zálohovatelnosti. V případě kdy je 100 % záloha vedení 110 kV, pak je hodnocení zálohovatelnosti 0 %. Další možnost je procentní hodnotu stanovit dle následujícího vzorce:

$$\text{Procentní hodnota zálohy} = 100 - (\text{záloha}_{110} \cdot K_{110} + \text{záloha}_{VN} \cdot (1 - K_{110}))$$

kde :

záloha 110 - procentuální hodnota zálohy vedením 110 kV,

záloha vn - výsledná procentuální hodnota zálohy po vedení vn,  
 $K_{110}$  - koeficient vyjadřující přednost zálohy transformátorem před  
zálohou po vedení.

#### 6.6.5 Typy údržbových prací ovlivňující okamžitý technický stav vedení

Tab. 3 údržbové práce

<b>Výměna zemnicího lana</b>	<b>NE</b>
<b>Oprava uzemnění</b>	<b>NE</b>
<b>Výměna izolátorů</b>	<b>NE</b>
<b>Opravy ocelových konstrukcí</b>	<b>NE</b>
<b>Opravy betonových základů</b>	<b>NE</b>
<b>Výměna vodičů</b>	<b>ANO</b>
<b>Nátěr kovových konstrukcí</b>	<b>NE</b>
<b>Odstraňování cizích předmětů z vedení</b>	<b>ANO</b>
<b>Prořez porostu v prostoru vedení</b>	<b>NE</b>

Z tab. 3 vidíme malé množství údržbových úkonů, které mohou okamžitě zvýšit technický stav vedení z hlediska provozuschopnosti. Ostatní činnosti zvýší technický stav, ale tento rozdíl můžeme pozorovat až po určité době (nižší počet úderů blesků do vedení z důvodu nově vyměněného zemnicího lana a uzemnění).

V tab. 4 jsou uvedeny poruchy, které jsou rozděleny podle jejich příčin. V pravé části tabulky je vyznačená, která porucha lze ovlivnit údržbovými úkony.

Tab. 4 Příčiny poruch ovlivnitelné údržbovými úkony

Přírodní vlivy	Sníh, námraza	NE
	Silný nárazový vítr	NE
	Bouřka, úder blesku	NE
	Vichřice 70-100 km/hod	NE
Abnormality elektrizační soustavy	Porucha v odběrném zařízení zákazníka	NE
	Porucha v síti jiného PDS	NE
	Porucha v síti sousedního provozov. DS	NE
Cizí vlivy	Cizí předmět ve vedení	ANO
	Poškoz. dopr. nehodou (sil., žel., vzd.)	NE
	Poškození cizími osobami (samotnými)	NE
Nedostatky v obsluze nebo údržbě	Chybná nebo nepovolená manipulace	NE
	Chybný příkaz k manipulaci	NE
Ohrožení života, zdraví a majetku	Sesuvy půdy	NE
Příčina neobjasněna	Příčina neobjasněna	-
Příčina poruchy před započetím provozu	Vada projektu, konstrukce	ANO
	Vadná montáž	ANO
	Vadné seřízení a příprava k provozu	ANO
Příčiny spjaté s provozem a údržbou	Nesprávná fce ochran, jištění, autom.,ŘS	ANO
	Opotřebení materiálu	ANO
	Porušení tvaru, celistvosti a funkce	NE
	Únava materiálu	ANO
Vlivy okolí a prostředí	Havárie nebo exploze jiných zařízení	NE
	Poškození pádem stromu nebo větví	ANO
	Poškození živočichy	ANO
	Relativní vlhkost nad povolenou hranici	NE
Vynucená vypnutí	Odběr ovlivňující kvalitu elektrické en.	NE

## 7 Aplikování metodiky na konkrétní vedení 110 kV

Byly vytvořeny 4 úseky vedení, které se odlišují množstvím přenášené energie za rok, stářím a délkou. Pro určení priority údržby jednotlivých vedení bylo nutno určit výsledný technický stav a výslednou důležitost vedení.

### 7.1 Určení technického stavu

Výsledný technický stav je závislý na hodnotách kritérií, které jsou pro dané zařízení charakteristické. K jednotlivým kritériím se přiřazují různé velikosti váhy, velikost této hodnoty určuje, jakou měrou bude výsledný technický stav ovlivněn různým kritériím. V Tab. 5 jsou

vidět kritéria a jejich váhy pro vedení 110 kV. Je patrné, že stav vodičů bude více ovlivňovat výsledný technický stav než klimatické podmínky.

Tab. 5 - Váha kritérií technického stavu

Klimatické podmínky	5
Stáří vedení	40
Doba od poslední údržby	50
Stav izolátorů	50
Stav vodičů	100
Stav stožárů	80
Zálohovatelnost	60
Stav uzemnění	5

V Tab. 6, jde vidět vyhodnocení jednotlivých kritérií technického stavu a výslednou hodnotu, které bude určovat prioritu údržby.

Tab. 6 - Vyhodnocení technického stavu

Identifikační údaje				Prohlídka					Vyhodnocení						
Číslo úseku	Napětová hladina (kV)	Délka vedení (km)	Rok postavení	Klimatické podmínky (%)	Stav uzemnění (%)	Stav izolátoru (%)	Stav vodičů (%)	Stav Stožárů (%)	Klimatické podmínky (%)	Stav uzemnění (%)	Stav izolátoru (%)	Stav vedení (%)	Stav Stožárů (%)	Výslední diagnostických zkoušek (%)	Technický stav (%)
Úsek č. 1	110 kV	5,44	1932	0	100	100	85	80	95	100	100	85	84	100	67,83
Úsek č. 2	110 kV	15,105	1975	0	100	100	95	90	95	100	100	95	92	100	83,03
Úsek č. 3	110 kV	20,931	1930	100	100	100	90	85	100	100	100	90	88	99	78,408
Úsek č. 4	110 kV	3,561	1953	100	100	100	86	90	100	100	100	86	92	99	78,3288

## 7.2 Určení důležitosti

Další etapou určení priority údržby je určit důležitost pro jednotlivé úseky vedení. Pro jednotlivá kritéria, která ovlivňují důležitost vedení, určí se jejich rozsah jak je patrné z Tab. 7. Kritérium přenesené energie za rok rozděluje její rozsah na dvě hladiny a to hodnotou 400 GWh/rok. Důležitost odběru se dělí na 3 stupně, které nerozlišují podle počtu a velikosti odběratelů. Možnost zálohovatelnosti úseku jsem omezil na 4 varianty místo možných 20-ti, jak bylo uvedeno v kapitole 7.6.4 z důvodu omezené schopnosti řešit logické funkce v programu EXEL.



Tab. 7 - Rozsah kritérií důležitosti vedení

Možnost zálohování	žádná záloha	100
	V0/-/vn100/15	75
	V100/15/vn100/60	25
	V100/15/vn100/15	5
Důležitost odběru	1	100
	2	90
	3	80
Přenesená energie za rok	do 400 GWh	50
	nad 400 GWh	100
	ostatní	100

Po výpočtu hodnot výsledné důležitosti je zjištěno, že úsek s nejvyšší důležitostí je č. 3 a s nejnižší č. 4. V tuto chvíli je možno předpokládat nejvyšší prioritu údržby na úseku č. 3, aniž je znám konečný výsledek z Tab. 9

Tab. 8 - Vyhodnocení důležitosti vedení

Číslo úseku	Přenesená energie za rok (MWh)	Možnost zálohování	Důležitost odběru	Přenesená energie za rok (MWh)	Možnost zálohování	Důležitost odběru	Důležitost úseku (%)
Úsek č. 1	58016	V100/15/vn100/60	2	0,5	0,25	0,9	11,25
Úsek č. 2	178138	V100/15/vn100/60	1	0,5	0,25	1	12,5
Úsek č. 3	215377	V100/15/vn100/15	1	0,5	0,75	1	37,5
Úsek č. 4	56780	V0/-/vn100/15	3	0,5	0,05	0,8	2

Jak bylo předpokládáno v Tab. 8 nejvyšší prioritu vlastní úsek č. 3 a nejnižší úsek č. 4.

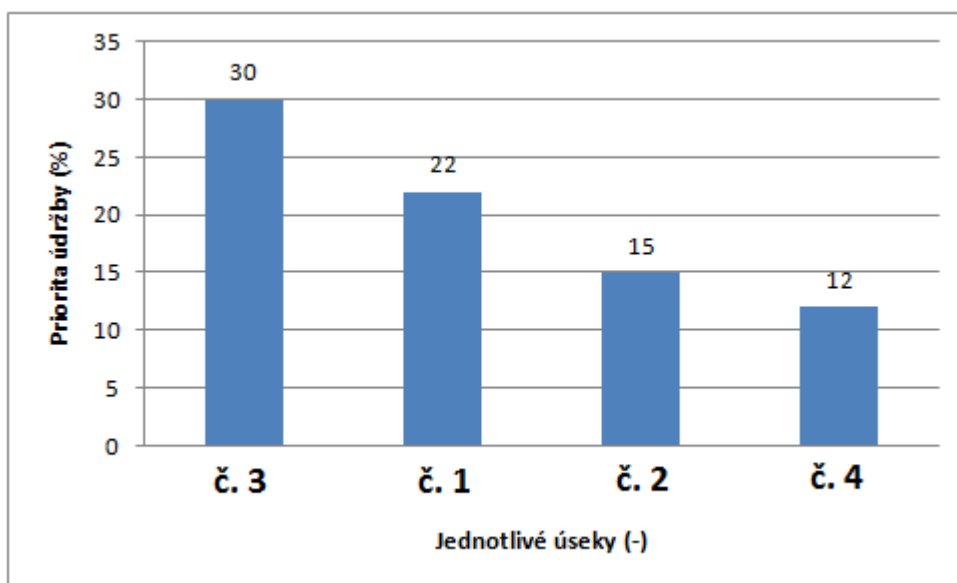
### 7.3 Vyhodnocení priority údržby

Díky výsledným hodnotám technického stavu a důležitosti vedení je získáno procentní vyjádření znázorňující priority údržby jednotlivých úseku vedení jak je vidět v Tab. 9.

Tab. 9 - Vyhodnocení priority údržby

Číslo úseku	Technický stav (%)	Důležitost (%)	Priorita (%)
Úsek č. 1	68	11	22
Úsek č. 2	83	13	15
Úsek č. 3	78	38	30
Úsek č. 4	78	2	12

Po porovnání konečných výpočtů je zjištěno, že úsek s nejvyšší prioritou údržby je úsek č. 3 jak je vidět na obr. 19.

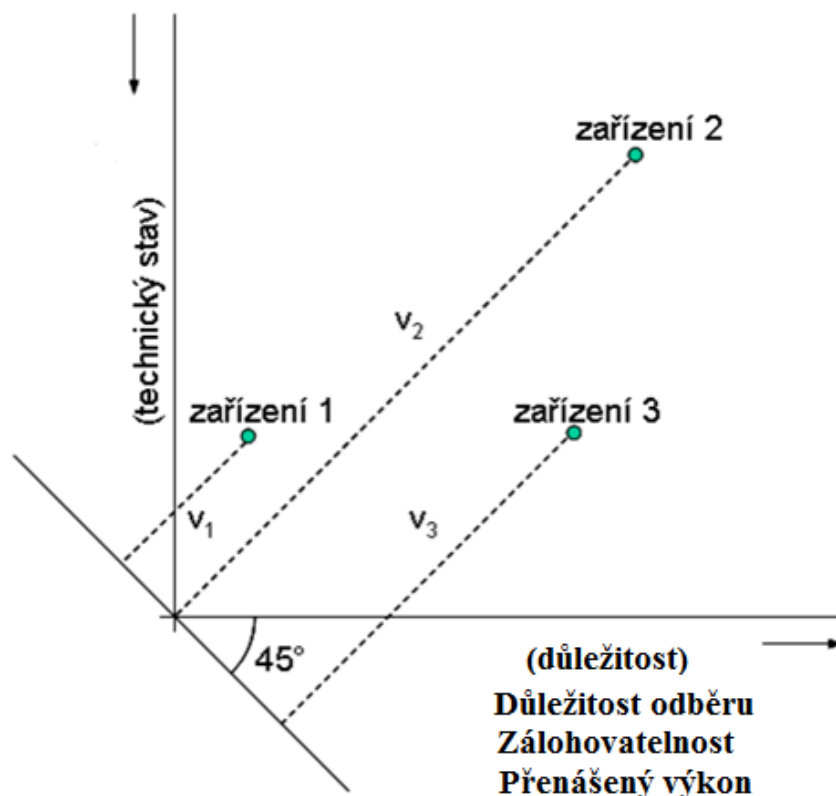


Obr. 19 – Seřazené úseky podle priority údržby

Vztah pro určování priority údržby se skládá z hodnoty výsledného technického stavu, výsledné hodnoty důležitosti prvku a koeficientu  $K_{TS}$ .

$$\text{Priorita údržby} = [100 - \text{Technický stav}(\%)] \cdot (1 - K_{TS}) + \text{Důležitost}(\%) \cdot K_{TS}$$

Ze vztahu pro určení priority údržby je patrné že jeho výsledná hodnota nezávisí jen na technickém stavu a na důležitosti, ale také na koeficientu  $K_{TS}$ . Tato hodnota nám určuje, jakou měrou bude na výslednou hodnotu priority působit technický stav nebo důležitost. Koeficient  $K_{TS}$  určuje naklonění roviny určující míru upřednostnění technického stavu před důležitostí nebo naopak.  $K_{TS} = 0,5$  odpovídá naklonění roviny o  $45^\circ$  z toho vyplývá, že poměr technického stavu a důležitosti na výslednou hodnotu priority údržby bude stejný.



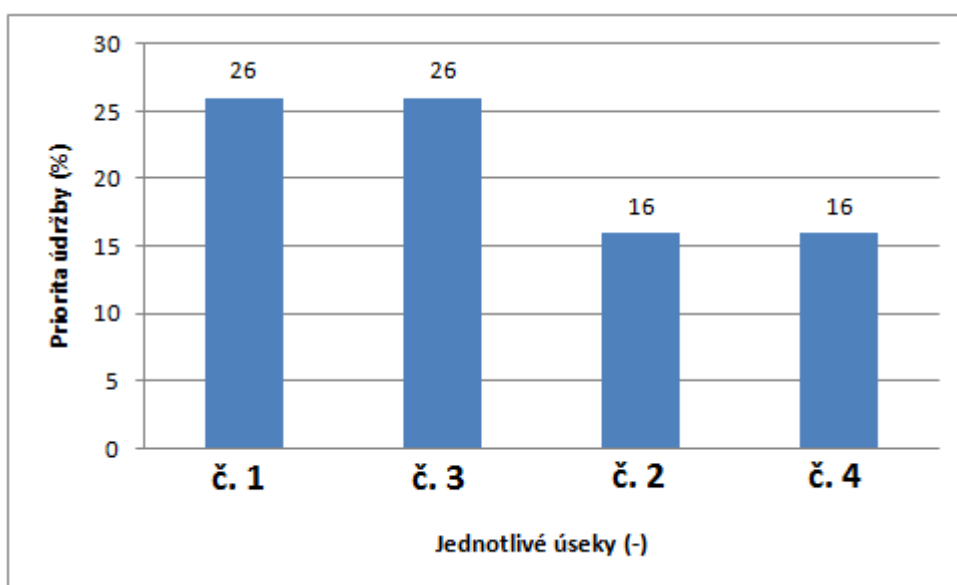
Obr. 20 – Aplikace RCM

Není chybou upřednostňovat technický stav před důležitostí. Při zjišťování priority údržby se toto upřednostnění provede snížením hodnoty koeficientu  $K_{TS} = 0,5$  například na hodnotu 0,4 nebo 0,3. Změnu koeficientu  $K_{TS}$  na hodnotu 0,3 jde vidět v Tab. 10, kde výsledné hodnoty technického stavu a důležitosti zůstali z minulého příkladu z Tab. 9, jen byl pozměněn koeficient  $K_{TS}$ .

Tab. 10 - Vyhodnocení priority údržby s  $K_{TS} = 0,3$

Číslo úseku	Technický stav (%)	Důležitost (%)	Priorita (%)
Úsek č. 1	68	11	26
Úsek č. 2	83	13	16
Úsek č. 3	78	38	26
Úsek č. 4	78	2	16

Změna koeficientu  $K_{TS}$  se projevila na změně velikosti výsledných priorit údržby. Nejvyšší hodnotu priority už nemá jen úsek č. 3, ale také úsek č. 1.



Obr. 21 – Priority údržby s  $K_{TS} = 0,3$

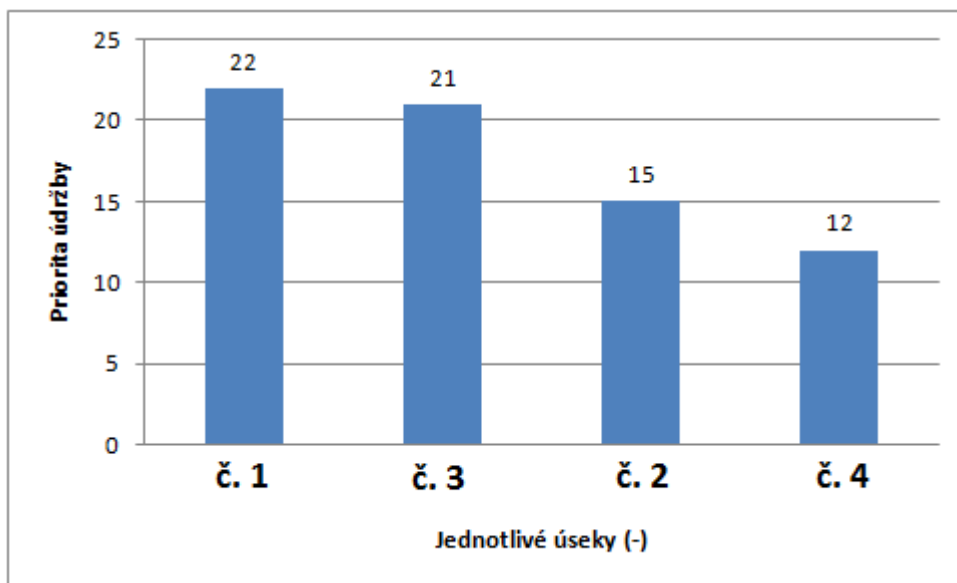
### 7.3.1 Vyhodnocení priority po provedení údržby s $K_{TS} = 0,5$

Po vyhodnocení výsledné priority s koeficientem  $K_{TS} = 0,5$  byla provedena údržba na úseku č. 3.

Tab. 11 - Vyhodnocení priority údržby po provedení údržby s  $K_{TS} = 0,5$

Typ	Technický stav (%)	Důležitost (%)	Priorita (%)
Úsek č. 1	68	11	22
Úsek č. 2	83	13	15
Úsek č. 3	97	38	21
Úsek č. 4	78	2	12

Po provedení údržby se úsek č. 3 dostal na druhé místo ve vyhodnocení výsledných priorit údržby jak je vidět v Tab. 11. I když byl technický stav zvýšen na hodnotu 97 % pořád úsek č. 3 patří mezi úseky s nejvyšší prioritou údržby jak je patrné z obr 22.



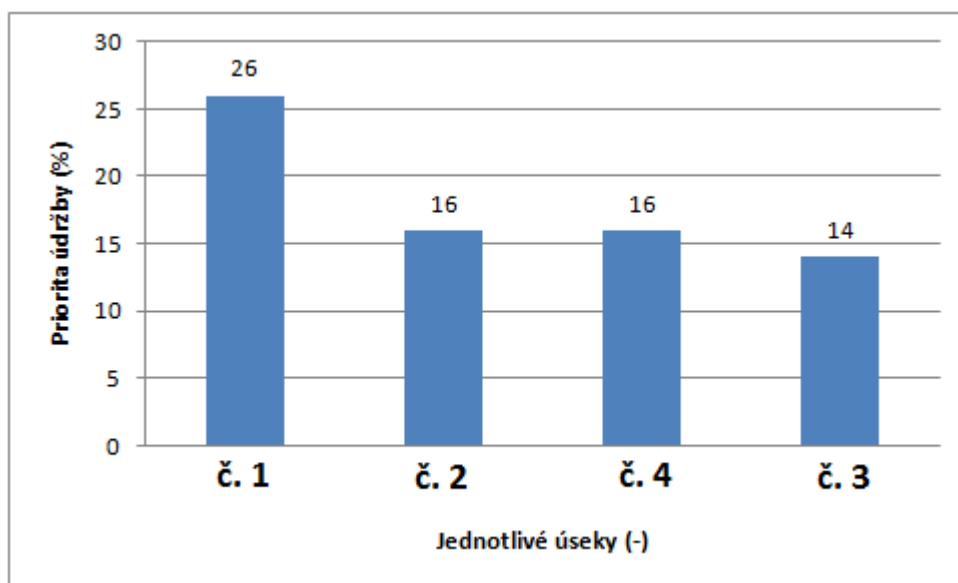
Obr. 22 – Seřazení priorit údržby  
po provedení údržby s  $K_{TS} = 0,5$

### 7.3.2 Vyhodnocení priority po provedení údržby s $K_{TS} = 0,3$

V dalším případě byla provedena ta samá údržba, ale porovnání výsledné priority bylo s koeficientem  $K_{TS} = 0,3$ . Zlepšení technického stavu se příznivě projevilo na výsledné prioritě údržby jak je vidět v Tab. 12. Proto je vhodnější navrhnout hodnotu  $K_{TS} = 0,3$  která více závisí na technickém stavu zařízení, ale úplně nezanedbává důležitost vedení. Mohlo by se stát, kdyby se používala hodnota  $K_{TS} = 0,5$  že by docházelo k poruchám z důvodu nízkého technického stavu i když by důležitost daného úseku v distribuční soustavě nebyla příliš velká.

Tab. 12 - Vyhodnocení priority údržby  
po provedení údržby s  $K_{TS} = 0,3$

Typ	Technický stav (%)	Důležitost (%)	Priorita (%)
Úsek č. 1	68	11	26
Úsek č. 2	83	13	16
Úsek č. 3	97	38	14
Úsek č. 4	78	2	16



Obr. 23 - – Seřazení priorit údržby  
po provedení údržby s  $K_{TS} = 0,3$

Po provedení údržby na úseku č. 3 se tento úsek dostal v pořadí na konec v hodnocení priority údržby a nejprioritnějším úsekem se stal úsek č. 1 jak je vidět na obr. 23.

## 8 Závěr

Po dobu vypracovávání této práce jsem měl k dispozici teoretický rozbor pro aplikaci spolehlivostně orientované údržby (RCM) převážně na vypínače VMM a transformátory

110 kV/vn. Z těchto materiálů jsem získané poznatky aplikoval na distribuční vedení 110 kV. V první etapě aplikace RCM na konkrétní distribuční prvek jsem analyzoval pracovní úkony pro obnovu vedení. Dále jsem pokračoval v porovnávání četností poruch a závad na vedení v jednotlivých úsecích včetně jejich příčin z celého rozsahu databáze poruch a závad. V této práci jsou uvedeny číselníky závad, které jsou rozdělené podle času nutného pro jejich odstranění, tyto lhůty odstranění se rozdělují do 5-ti stupňů priorit.

Velkou část práce jsem věnoval vytvoření metodiky pro zjištění priority údržby. Je to důležitá informace pro provozovatele distribučních sítí pro zahájení údržbových úkonů na vedeních, které si údržbu vyžadují nejvíce. Pro aplikaci RCM je potřebné vyhodnotit 2 kritéria: technický stav a důležitost úseku vedení. Technický stav vedení jsem určil na základě porovnáváním výsledků technických prohlídek a diagnostických zkoušek. Důležitost vedení se určí podle množství přenášené energie daným úsekem za rok, důležitosti odběru a možnosti zálohování. Těchto kritérií pro určení priority údržby pro vedené 110 kV je menší počet než u vypínačů VMM a transformátorů 110 kV/vn z důvodu jednoduššího technického provedení.

Vytvořenou metodiku jsem aplikoval na 4 rozdílné úseky vedení, které se významně odlišovali svou délkou, přenášenou energií za rok a stářím. Při určování, nejvyšší priority údržby na čtyřech sobě na nezávislých úsecích vedení bylo nevýhodou nedostatek informací o schopnosti zálohovatelnosti úseků a důležitosti odběru. Tyto dvě vstupní hodnoty chybí v databázích, které jsem měl k dispozici. Doporučoval bych databáze, které budou sloužit k určování priority údržby doplnit o tyto dvě informace. Tyto čtyři úseky vedení jsem podrobil dvěma totožným výpočtům pro určení priority s rozdílem hodnoty koeficientu  $K_{TS}$ , která určuje, jakou měrou může technický stav být upřednostňován před důležitostí nebo naopak. První výpočet byl proveden s hodnotou  $K_{TS} = 0,5$ , v tom to případě má technický stav stejnou váhu na výslednou hodnotu priority údržby jako důležitost vedení. Druhý výpočet byl proveden s hodnotou  $K_{TS} = 0,3$ , která zvyšovala váhu technického stavu na úkor důležitosti vedení. Pro praktické potřeby bych doporučoval používat hodnotu  $K_{TS} = 0,3$ , aby nedocházelo k poruchám zapříčiněným špatným technickým stavem u nepříliš důležitých vedení. Technický stav, který koresponduje s provozuschopností zařízení a jeho bezpečný chod by měl vždy mít vyšší váhu před důležitostí vedení.

## Použitá literatura

- [1] Tůma, J., Rusek, S., Martínek, Z., Chmišinec, I., Goňo, R.: Spolehlivost v elektroenergetice., Praha: ČVUT Praha, 2006, 4, 187 - 254, ISBN 80-239-6483-6
- [2] Král, V.: Software Solution of Maintenance of Power Circuit-breakers and Transformers. In PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), 2010, vol. 86, čís. 8/2010, s. 172-175, 4 s.
- [3] Stacho, B., Rusek, S., Král, V., Raška, T.: Design of RCM algorithm for 110 KV power breakers. In proceedings of the 6th annual workshop WOFEX 2008. Ed. Václav Snášel, Ostrava:VŠB-Technical University of Ostrava, 2008, 142-148, 978-80-248-1870-8
- [4] Král, V., Rusek, S., Goňo, R., Raška, T.: Software pro optimalizaci údržby a jeho propojení s reálným informačním systémem. In Proceedings of the 9th International Scientific Conference EPE 2008. Ed. Toman, P., Brno:Brno University of Technology, 2008, 285-289, ISBN 978-80-214-3650-3
- [5] Stacho, B., Rusek, S., Goňo, R., Král, V., Raška, T.: Maintenance optimisation of transformers 110 kV/MV in distribution networks. In sborník konference EPE 2007, Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2007, 434-440, 7 s., ISBN 978-80-248-1391-2



## Přílohy

Tab. 5 Problém (typ závady)

Kód	Označení (text) (1 úroveň)	Kód	Označení (text) (2 úroveň)
PRVEK	Vadný prvek (část)		
		PR01	Neopravitelný prvek (výměna)
		PR02	Poškozený prvek
		PR03	Vadná zhášecí komora
		PR04	Vadné kontaktní ústrojí
		PR05	Vadný pohon prvku
		PR06	Vyhřátá oka, svorky
		PR07	Poškozená průchodka, izolátor
		PR08	Chybějící, hlučné motorventilátory
		PR09	Chybí, nefunkční počítaadlo sp. operací
		PR10	Prasklý, nečitelný olejznak
		PR11	Nefunkční temperování
		PR12	Poškozená elektroinstalace
		PR13	Vadná žárovka, zásuvka
		MIG	Migrace
KOMUNIK	Nefunkční ovládání a komunikace		
		KO01	Nefunkční, vadné dálkové ovládání
		KO02	Nefunkční místní ovládání
		KO03	Nefunkční dálková signalizace
		KO04	Nefunkční signalizace
		KO05	Nefunkční dálkové měření
		KO06	Nefunkční měření
		KO07	Nefunkční komunikace
		KO08	Chybná funkce automatiky
		KO09	Chybná funkce blokování
		KO10	Chybná funkce ochrany
		KO11	Chybná funkce HDO
		MIG	Migrace
MECH_ZAV	Mechanická závada		
		MZ01	Mechanické poškození
		MZ02	Drobná mech. závada
		MZ03	Koroze, špatný nátěr
		MZ04	Poškozený základ PB
		MZ05	Shnilý, popraskaný, poškozený PB
		MZ06	Vykloněný PB
		MZ07	Chybí "čepice" na PB
		MZ08	Poškozená střecha, okapy
		MZ09	Poškozené dveře, žaluzie, okna, rošty
		MZ10	Závady stavební části ostatní
		MZ11	Poškozené uzavírání
		MZ12	Vadné uzamykání
		MZ13	Špatné uchycení kabelu, trubky, ..
		MZ14	Špatná mechanická ochrana
		MZ15	Nezajištěno trafo proti posunu

		MZ16	Závada na kabelové lávce nebo kanálu
		MZ17	Neutěsněné kabelové vstupy
		MZ18	Průsak vody
		MIG	Migrace
OCHR_P	Závady k ochrannému pásmu		
		OP01	Narušené ochranné pásmo
		OP02	Nepřístupné zařízení
		OP03	Nedodržena vzdálenost vodiče
		OP04	Prověšené vodiče
		OP05	Stromy, větve ve vedení
		OP06	Cizí předmět ve vedení
		OP07	Větve, křoví u stanice
		MIG	Migrace
OZNACENI	Závady v označení a vybavení		
		OZ01	Chybějící výstražné značení
		OZ02	Chybějící, špatné, nečitelné označení
		OZ03	Chybějící, špatné, nečitelné ozn. vývodů
		OZ04	Chybí tabulky, zábrany, kryty, přepážky
		OZ05	Chybí, prošlé ochr. a prac. pomůcky
		MIG	Migrace
MEDIUM	Závady související s médii		
		ME00	Nevyhovující plyn (výměna)
		ME01	Únik plynu SF6
		ME02	Nevyhovující olej (výměna)
		ME03	Chybí olej
		ME04	Únik oleje
		ME05	Prolínání oleje
		ME06	Únik tlakového vzduchu
		ME07	Nevyhovující izol.(Tg delta,část.výb,...)
		MIG	Migrace
JIS_UZEM	Jištění a uzemnění		
		JU01	Neodpovídá jištění
		JU02	Poškozené, nevyhovující uzemnění
		JU03	Nevyhovující impedance
		MIG	Migrace

Tab. 6 Příčiny závad

Kód	Označení (text) (1 úroveň)	Kód	Označení (text) (2 úroveň)
ZAPOCETI	Příčina poruchy před započetím provozu		
		01	Vada projektu, konstrukce
		02	Nedostatky a chyby v dopravě, skladování
		03	Vadné seřízení a příprava k provozu
		4	Vadná montáž
		5	Výrobní vada
		MIG	Migrace
PROVOZ	Příčiny spjaté s provozem a údržbou		
		01	Opatřebení materiálu
		02	Porušení tvaru, celistvosti a funkce
		03	Nadbytečné působení nebo selhání ochran, autom., říd. syst.
		04	Znečištění
		05	Přetížení
		06	Únava materiálu
		07	Stárnutí izolace
		08	Koroze
		09	Koroze uložením v zemi
		10	Koroze bludnými proudy
		11	Koroze agresivním prostředím
		12	Hniloba
		13	Spínací přepětí
		14	Ostatní abnormální provoz. režimy (ZRP)
		15	Porucha na straně nn (u výpadku vn)
		MIG	Migrace
OBSLUHA	Nedostatky v obsluze nebo údržbě		
		01	Chybějící nebo chybný provozní předpis
		02	Chybný příkaz k manipulaci
		03	Chybná nebo nepovolená manipulace
		04	Zanedbání periodické údržby (ŘPÚ)
		05	Zanedbání ostatní údržby, neprovedení prořezů
		06	Chybný příkaz ZS k omezení dodávky
		07	Nešetrné zacházení
		MIG	Migrace
VLIVES	Abnormality elektrizační soustavy		
		01	Porucha v odběrném zařízení zákazníka
		02	Porucha v síti jiného PDS
		03	Porucha v přenosové soustavě
		04	Porucha v síti sousedního provozovatele DS

		05	Porucha v energetické výrobě
		MIG	Migrace
CIZIVLIV	Cizí vlivy		
		01	Poškození cizími osobami (samotnými)
		02	Poškození dopravní nehodou (silniční, železniční, vzdušná)
		03	Poškození zemními nebo polnohospodářskými pracemi
		04	Cizí předmět ve vedení
		05	Zkoušky a měření cizích organizací
		06	Teroristický útok
		MIG	Migrace
PRIRODNI	Přírodní vlivy		
		01	Bouřka, úder blesku
		02	Vichřice 70-100 km/hod
		03	MLha, déšť, kroupy
		04	Sníh, námraza
		05	Povodeň, ledy
		06	Oheň
		07	Mráz větší než -20°C
		08	Silný nárazový vítr
		09	Vichřice nad 100 km/hod
		10	Pád ledu (sněhu) při tání
		11	Pohyb půdy (zemětřesení)
		12	Zatečená voda
		13	Teplota vyšší než 30°C
		MIG	Migrace
OKOLI	Vlivy okolí a prostředí		
		01	Poškození pádem stromu nebo větví
		02	Pohyb půdy, důlní vlivy
		03	Poškození živočichy
		04	Relativní vlhkost nad povolenou hranici
		05	Znečištění ovzduší
		06	Havárie nebo exploze jiných zařízení
		MIG	Migrace
NEOBJAS	Příčina neobjasněna		
		01	Příčina neobjasněna
VVOHRZIV	Ohrožení života, zdraví a majetku		
		01	Požár
		02	Havárie dopravních prostředků
		03	Sesuvy půdy
		04	Zátopa
		MIG	Migrace
VVNEBEZP	Nebezpečí z prodlení (ohrožení provozu)		
		01	Námraza
		02	Extrémní vlhkost

		MIG	Migrace
VVHAREPL	Havarijní regulační vypínací plány		
		01	Havarijní regulační vypínací plány
		MIG	Migrace
VVSNOUZE	Stav nouze		
		01	Živelné události
		02	Smogová situace
		03	Havárie zařízení pro výrobu a rozvod
		04	Dlouhodobý nedostatek zdrojů energie
		05	Teroristický útok
		06	Opatření branné pohotovosti státu
		MIG	Migrace
VVNEOODB	Neoprávněné odběry		
		01	Neoprávněný odběr podle §51 EZ
		02	Neoprávněná distribuce podle §53 EZ
		03	Odběr elektřiny ohrožující život, majetek
		04	Odběr ovlivňující kvalitu elektrické energie
		MIG	Migrace
PRACE	Plánované práce		
		01	Řád preventivní údržby
		02	Rekonstrukce
		03	Plánovaná oprava
		04	Přeložka vedení (DTS)
		05	Připojení nového zařízení
		06	Práce v ochranném pásmu
		07	Práce v ochranném pásmu bez přerušení dodávky
		08	Výměna oleje kabel
		09	Náhradní napájení transformovny
		10	Vypnutí zařízení zákazníka na jeho žádost
		11	Odstranění závad z kontrol dle ŘPÚ
		12	Předcházení poruch
		13	Oprava po poruše
		14	Výměna trafa
		15	Oprava nefunkčního úsekového odpínače
		16	Vypnutí NN pro práce VN
		17	Vypnutí VN pro práce VVN
		18	Manipulace na tmu
		19	Odstranění závad z přejímky (rekonstrukce)

		20	Odstranění závad z přejímky (oprava)
		21	Oprava zařízení po kalamitě
		22	Vypnutí nad plán (oprava)
		23	Vypnutí nad plán (rekonstrukce)
		29	Ostatní
		MIG	Migrace